www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

1e JAARGANG NUMMER 6 JUNI 1936

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUCTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: HET NATUURKUNDIG LABORATORIUM DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN

EEN REGELBARE GELIJKRICHTER-INSTALLATIE VAN 20 000 VOLT EN 18 AMPERE

door J. G. W. MULDER en H. L. VAN DER HORST.

Samenvatting. Het gebruik van relaisbuizen maakt het mogelijk, regelbare gelijkrichter-installaties te bouwen van zeer groot vermogen. In dit artikel wordt een regelbare gelijkrichter-installatie beschreven van 20000 V, 18 A, welke dient voor de voeding van een hoogfrequentie-oven met lampgenerator.

Inleiding

Met gas gevulde gelijkrichters zijn bijzonder geschikt voor het gelijkrichten van groote vermogens. Zij verschillen van de tot nu toe bij voorkeur gebruikte hoogvacuumlampen door hun veel kleinere inwendige weerstand en dienovereenkomstig hooger rendement. Tegelijkertijd wordt de installatie eenvoudiger, daar de kostbare koelinstallatie, die noodig is bij hoogvacuumgelijkrichters, komt te vervallen.

De z.g. relaisbuizen beteekenden een belangrijke vooruitgang op het gebied der gasgelijkrichters. Dit zijn met gas gevulde gelijkrichterbuizen, die behalve kathode en anode nog een regel-electrode hebben, waarmee de ontsteekspanning van de buis met zeer klein energieverbruik (lage roosterspanningen en kleine roosterstroomen) binnen ruime

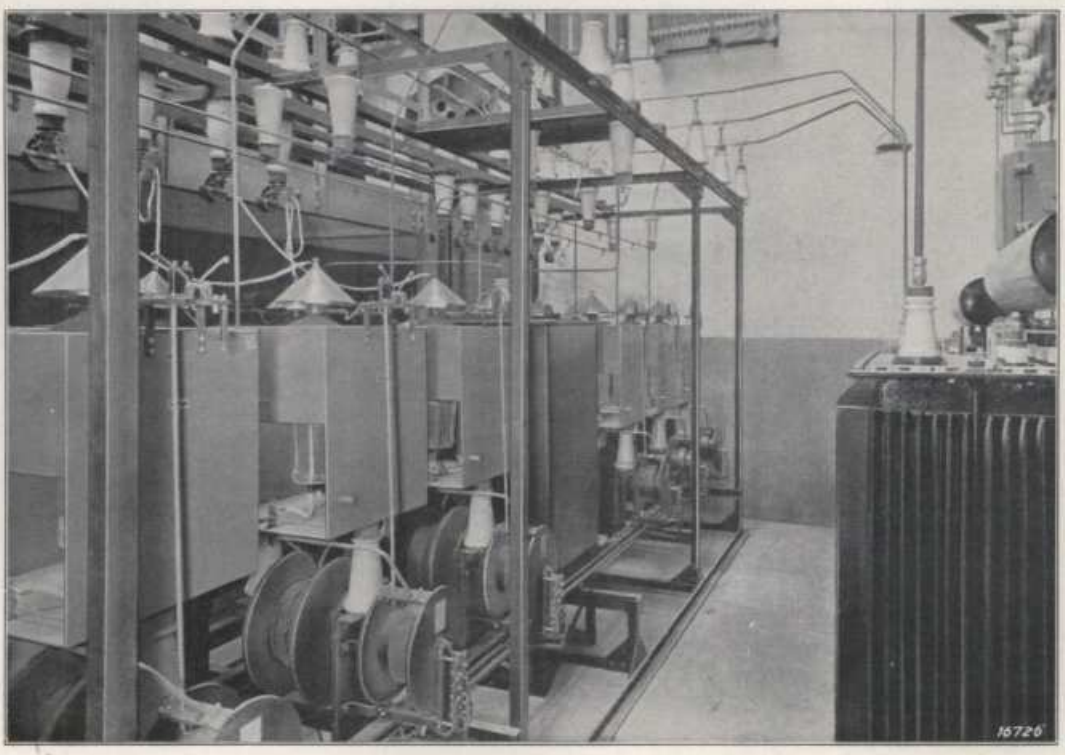

Fig. 1. Overzicht van de gelijkrichter-installatie van 20 kV 18 A. Rechts één der beide hoogspanningstransformatoren, die de anodespanning leveren. Links de gelijkrichterbuizen, die door metalen wanden afgeschermd zijn tegen de invloed van electrische velden. Daarboven zijn de anoden te zien. Onderaan de gloeistroomtransformatoren (linker wikkelingen van de transformatoren) en de roosterspanningstransformatoren (rechter wikkelingen).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

grenzen geregeld kan worden. Met behulp van relaisbuizen kan de door deze installatie geleverde gelijkspanning op eenvoudige wijze worden geschakeld en veranderd, zonder in de hoogspanningskring contacten te moeten openen of sluiten.

In het volgende zal een gelijkrichter-installatie (*fig. 1*) worden beschreven, waarin relaisbuizen zijn toegepast, en wel de installatie, welke gebouwd werd voor de voeding van een hoogfrequentie-oven, die elders in dit tijdschrift reeds is beschreven [1]). Deze installatie levert bij volle belasting met 18 A een gelijkspanning van 20000 Volt. De spanning kan echter door een simpele draaiing van een phaseregelaar op willekeurige kleinere bedragen worden ingesteld.

De schakeling van de installatie

De schakeling van de installatie is in *fig. 2* schematisch voorgesteld. Zooals men ziet, bestaat zij uit twee volkomen gelijksoortige eenheden, die elk

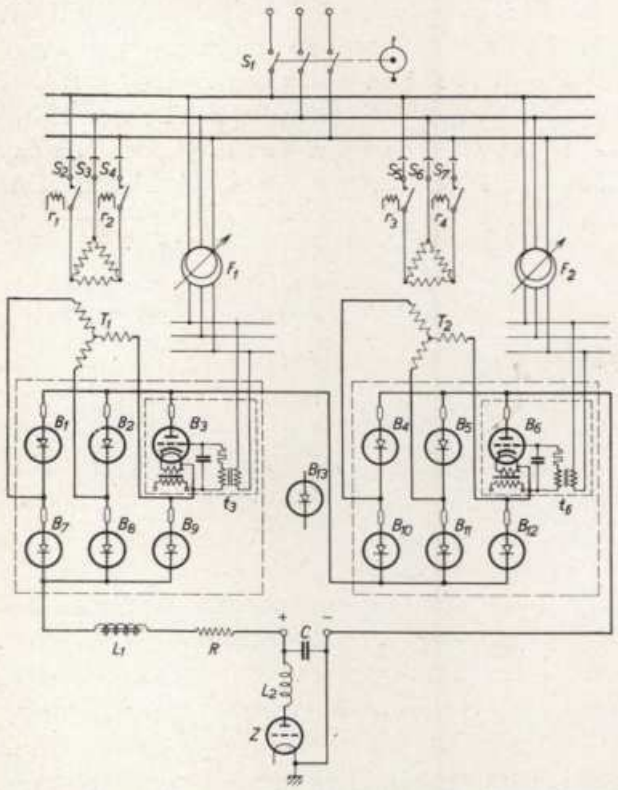

Fig. 2. Schakelschema van de gelijkrichter-installatie. De installatie is samengesteld uit twee eenheden van 10 kV 18 A, die in serie geschakeld zijn. De gelijkrichterbuizen B_1 tot B_{12} (type DCG 5/30) dienen als relaisbuizen. De roosterbesturing geschiedt door de phaseregelaars F_1 en F_2, die de roosterspanningstransformatoren t_1 tot t_{12} voeden. In het schema zijn slechts t_3 en t_9 te zien, omdat de andere buizen slechts schematisch zijn aangegeven. De smoorspoel L_1 en de condensator C zorgen voor het vereffenen van de geleverde gelijkspanning. De smoorspoel L_2 beveiligt de gelijkrichter-installatie tegen trillingen van hooge frequentie, die door de zendlamp worden opgewekt.

[1]) Philips techn. T. 1, 53, 1936.

de helft van de spanning leveren en ook afzonderlijk kunnen worden gebruikt. Elke eenheid bevat een voedingstransformator (T_1, T_2) en 6 gelijkrichterbuizen, welke volgens een door Graetz aangegeven schakeling zesphasig gelijkrichten, waarbij op elk moment de gelijkstroom twee buizen in serie doorloopt. De transformatoren hebben primair driehoekschakeling (380 V), secundair sterschakeling, 7400 V tegen de nulleider. Ze zijn identiek uitgevoerd, hoewel ze op verschillende spanning tegen aarde gebruikt worden. Daardoor heeft men als reserve voor de heele installatie slechts één transformator van het halve vermogen noodig.

De intermitteerende gelijkstroom laadt de condensator C van 2 μF, die tegelijk over de parallel geschakelde zendlamp Z wordt ontladen. In serie met de zendlamp is een smoorspoel L_2 van 100 mHenry geschakeld, die de door de zendlamp gegenereerde hoogfrequente spanning van ca. 7000 perioden buiten de gelijkrichter houdt. De groote smoorspoel L_1 (1 Henry) dient er toe, de laadstroom van de condensator en dus de gelijkspanning aan de zendlamp eenigszins te vereffenen. De weerstand $R = 50\ \Omega$, die in serie met L_1 is geschakeld, beperkt de anodestroom in het geval van tijdelijke onregelmatigheden van de zendlamp.

De gelijkrichterbuizen B_1-B_6 en B_7-B_{12} zijn geconstrueerd voor max. 6 A gemiddelde gelijkstroom, zoodat met deze schakeling de maximaal af te nemen totale gelijkstroom 18 A bedraagt. Ze zijn in het schakelschema slechts schematisch met pijlen aangegeven. Aan de in detail geteekende buizen B_3 en B_9 ziet men de indirecte verwarming van elke buis afzonderlijk met behulp van een eigen gloeistroomtransformator, verder het toevoeren van een wisselspanning aan het stuurrooster over de transformatoren t_3, t_9 en de phaseregelaars F_1, F_2. De phaseregelaars bestaan uit een stator en een rotor, welke door middel van een wormoverbrenging in een bepaalde stand ten opzichte van de stator gedraaid en vastgehouden kan worden. Het door de stator opgewekte draaiveld snijdt de rotorwikkelingen periodiek vroeger of later, al naarmate de stand waarin zich de rotor bevindt tenopzichte van de stator. Door wijziging van die stand wordt dus ook het phaseverschil tusschen rotor- en statorspanning veranderd.

Het spanningssysteem van de stator en van de rotor zijn beiden driephasig. De roosters van de gelijkrichterbuizen worden op zoodanige wijze met de rotor verbonden, dat bij elke buis de phase van de roosterspanning een overeenkomstig verschil heeft met de bijbehoorende phase van de anodespanning. De invloed die de phase van de rooster-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

spanning heeft, wordt in het gedeelte „Spanningsregeling" uitvoerig behandeld.

Constructie der gelijkrichterbuizen

Als gelijkrichterbuizen dienen de Philips relaisbuizen type DCG 5/30 met gloeikathode en met kwikdamp als gasvulling, waarvan de voornaamste electrische eigenschappen reeds elders in dit tijdschrift beschreven werden [2]). De buis is in de *fig. 3* en *4* afgebeeld. Ze bestaat uit twee glazen ballons b_1 en b_2, die door een chroomijzeren ring r van veel kleinere diameter verbonden zijn. In de bovenste ballon b_2 bevindt zich de anode a, in de onderste b_1 de indirect verhitte kathode k. De onderste ballon eindigt in een cylindrische hals h, waarin zich het vloeibare kwik verzamelt, dat slechts weinig graden boven de temperatuur van de omgeving is. De dampdruk van het kwik bedraagt dus enkele duizendste millimeter. De ring r dient als stuurrooster, zijn spanning verschilt hoogstens eenige honderden volts van de kathodespanning. Bovendien heeft de ring de eigenschap de terugslagspanning van de buis te verhoogen. Dit wordt bereikt door een trechtervormig verlengstuk t, waarvan de vorm aangepast is aan de kegelvormige anode a. De afstand tusschen trechter en anode is overal ongeveer even groot; zijn gunstigste waarde met het oog op een hooge terugslagspanning ligt binnen nauwe grenzen vast. In de negatieve phase staat namelijk de volle tegenspanning tusschen trechter en anode. Is de afstand te groot dan kan terugslag optreden, omdat de electronen, die zich

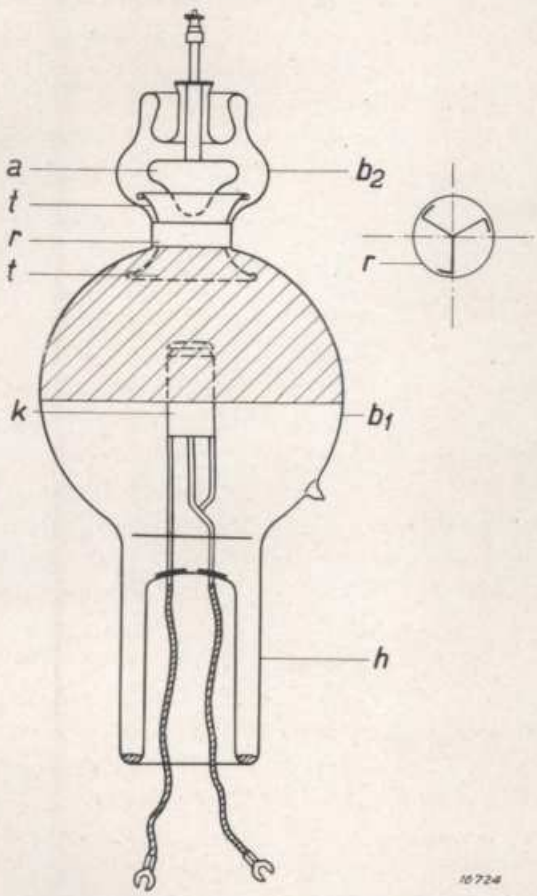

Fig. 3. Relaisbuis type DCG 5/30 met kwikdamp-ontlading. a is de grafieten anode, k de indirect verhitte kathode, r het door schotten verdeelde rooster met trechtervormig verlengstuk t. De bovenste helft van ballon b_2 is aan de binnenzijde geleidend gemaakt, de geleidende laag is verbonden met r. Onderin de koelhals h ligt het vloeibare kwik.

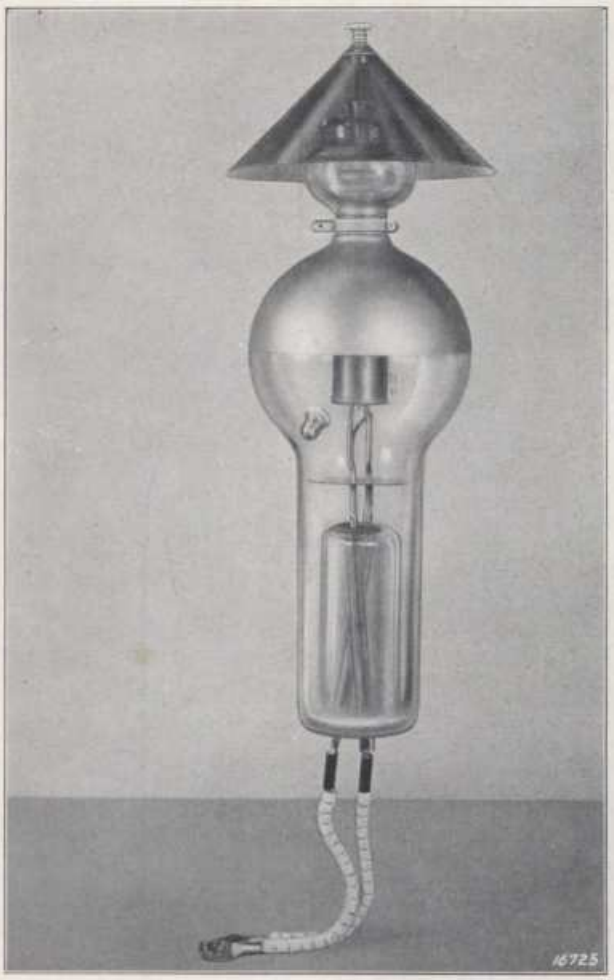

Fig. 4. Foto van de gelijkrichterbuis DCG 5/30. De vanuit de onderste ballon opstijgende warme lucht wordt opgevangen onder het kegelvormige mica-kapje, dat zich boven het anodedeel bevindt. Daardoor wordt de bovenste ballon verwarmd en wordt verhinderd, dat daarin kwikdamp condenseert.

[2]) Relaisbuizen als tijdschakelaars voor het naadlasschen, D. M. Duinker, Philips techn. T. I, 11, 1936. Sinds het verschijnen van dit artikel werd de constructie der buizen DCG 5/30 een weinig gewijzigd. De binnenzijde van de kathodeballon werd met een geleidende laag bedekt, die verbonden is met de ring. Tengevolge daarvan komt de karakteristiek (ontsteekspanning als functie van de roosterspanning) niet meer overeen met fig. 1 van dat artikel. De voor de ontsteking noodige roosterspanning bedraagt in de nieuwe uitvoering ongeveer 18 volt en is nagenoeg onafhankelijk van de anodespanning.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

in de gasruimte bevinden, te veel gelegenheid hebben tot ionisatie, terwijl bij te kleine afstand de veldsterkte en daarmee het gevaar voor auto-electronen-emissie uit de anode sterk toeneemt.

De temperatuur van de ring wordt hoofdzakelijk beïnvloed door de warmtestraling van de gloeikathode en door de sterkte van de anodestroom. Om bij volle belasting oververhitting te vermijden moest de ring tamelijk wijd genomen worden, wijder dan wenschelijk was met het oog op een voldoend hooge terugslagspanning. Daarom bleek het voordeelig om de ring, zooals in fig. 2 is voorgesteld, door schotten in segmenten te verdeelen, zoodat inplaats van één wijde ring drie parallel geschakelde nauwe buizen komen.

Electrische eigenschappen

De toelaatbare gemiddelde bedrijfsstroom van de relaisbuis DCG 5/30 bedraagt 6 A. Het potentiaalverval aan de ontlading is nagenoeg onafhankelijk van de stroomsterkte; het bedraagt ongeveer 16 tot 17 V. De ontsteekspanning is, wanneer de potentiaal van de ring voldoende is, niet veel hooger. Verlaagt men echter de roosterspanning tot beneden + 18 Volt, dan gaat de ontsteekspanning plotseling tot boven 10000 Volt omhoog, zoodat bij de beschikbare transformatorspanning geen ontsteking meer plaats vindt. Heeft de ontsteking echter eenmaal plaats gehad, dan kan de ontlading door verlaging van de stuurspanning niet meer gedoofd worden. Ze houdt practisch eerst op, wanneer de anodewisselspanning door nul gaat.

Spanningsregeling

De phaseverschuiving van de roosterspanning V_g van de relaisbuis ten opzichte van de anodespanning V_a heeft invloed op het tijdstip van de ontsteking in iedere positieve phase van V_a en daarmee op de gemiddelde waarde van de anodespanning in dat deel der periode, waarin stroom geleverd wordt. Dit berust daarop, dat, zooals reeds vermeld werd, de ontsteking pas plaats grijpt, wanneer de roosterspanning een zekere kritische waarde V_c heeft overschreden (ca. 18 volt) [3]).

In *fig. 5* is dit nader voorgesteld. V_a is de annodespanning, V_g is de roosterwisselspaning, V_c is de kritische roosterspanning (van 18 volt), α is de hoek, waarover de phase van de roosterspanning ten opzichte van die der anodespanning achterblijft. In geval (1) is de roosterspanning in phase met de

[3]) Om het tijdstip der ontsteking ook bij kleine schommelingen van V_c goed vast te leggen, zal men de roosterwisselspanning eenige malen grooter maken dan deze kritische roosterspanning (bijv. 100 volt).

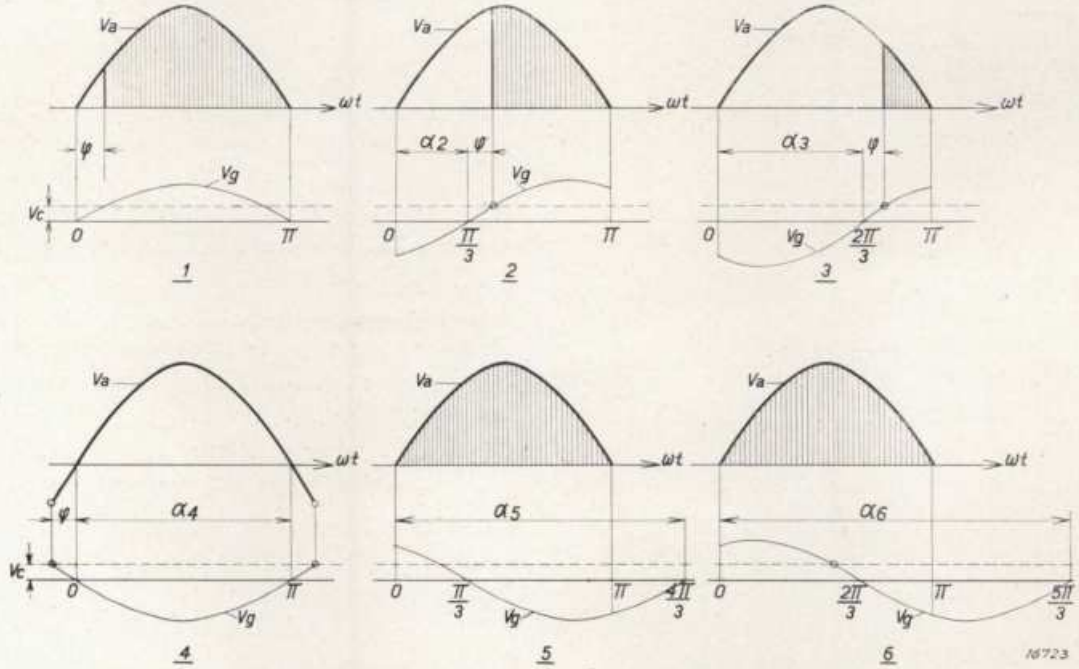

Fig. 5. Ontsteking van een relaisbuis bij gebruik van wisselspanning V_a en roosterwisselspanning V_g. V_c is de kritische roosterspanning. α is de hoek in radialen, waarover de roosterspanning in phase achterloopt ten opzichte van de anodespanning.
(1) $\alpha = 0$. Bijna gedurende de heele positieve periodehelft vloeit stroom (vanaf $\omega t = \varphi$).
(2) $\alpha = \pi/3$. Er vloeit stroom vanaf $\omega_t = \pi/3 + \varphi$.
(3) $\alpha = 2\pi/3$. Er vloeit stroom vanaf $\omega_t = 2\pi/3 + \varphi$.
(4) $\alpha = \pi$. Roosterspanning in tegenphase. Er loopt geen stroom.
(5) $\alpha = 4\pi/3$ } Er loopt stroom gedurende de heele periode.
(6) $\alpha = 5\pi/3$ }

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

anodespanning. Ontsteking treedt op, wanneer V_g de kritische waarde V_c overschrijdt ($\omega t = \varphi$). Er vloeit bijna gedurende de heele positieve periodehelft van de anodespanning stroom, aangegeven door het gearceerde oppervlak. Met toenemende naijling ($\alpha_2 = \pi/3$, $\alpha_3 = 2\pi/3$) wordt het gedeelte van de positieve periodehelft, waarover de stroom vloeit, steeds kleiner. Bij tegenphase ($\alpha_4 = \pi$) loopt in het geheel geen stroom. Wordt de naijling nog grooter, dan begint bij $\alpha = \pi + \varphi$ weer stroom te vloeien en deze blijft loopen gedurende de geheele positieve periodehelft, hoewel de roosterspanning intusschen onder de kritische waarde daalt en zelfs negatief wordt. Wanneer eenmaal de ionisatietoestand is ingetreden, is het rooster onwerkzaam. In *fig. 6* is de gemiddelde gelijkspanning V_a als functie van de hoek α uitgezet. De punten *1* tot *6* beantwoorden aan de in fig. 5 voorgestelde toestanden.

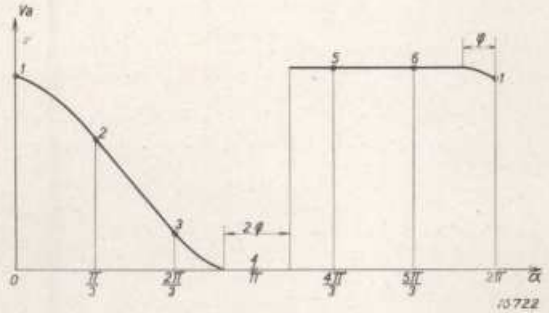

Fig. 6. Gemiddelde gelijkspanning V_a als functie van de faseverschuiving α van de roosterwisselspanning ten opzichte van de anodewisselspanning.
De punten *1* tot *6* beantwoorden aan de in fig. 5 voorgestelde gevallen.

Inrichtingen tot vergrendeling en beveiliging van de installatie

Het werken met de geheele gecompliceerde apparatuur van hoogspanningstransformatoren, gelijkrichterbuizen, zendlamp, hoogfrequentiekringen en smeltovens wordt door geschikt gekozen veiligheidsmaatregelen en automatisch werkende hulpapparaten zeer vereenvoudigd. Bovendien worden daardoor de transformatoren, gelijkrichterbuizen en de zendlamp tegen overbelasting beschermd, die door een verkeerde volgorde van inzetten der schakelaars veroorzaakt zou kunnen worden.

De beveiliging van de hoogspanningstransformatoren tegen overbelasting bestaat uit de in twee van de drie primaire voedingsleidingen opgenomen maximaal-stroom-relais (r_1-r_4, fig. 2), die instelbaar zijn. Bij opening van één der relaiscontacten door overbelasting valt de hoofdschakelaar uit.

De gelijkrichterbuizen moeten beveiligd worden tegen het aanleggen van anodespanning bij koude gloeikathode. Daarvoor dient een vertragingsrelais, dat parallel met de gloeistroomtransformatoren is geschakeld. Het inzetten van de hoofdschakelaar is eerst mogelijk, wanneer dit relais 6 minuten onder spanning heeft gestaan. In koude ruimten is het gewenscht, deze tijd tot 10 à 15 minuten te verlengen. Na 6 minuten is de kathode weliswaar warm genoeg, maar de dampdruk van het kwik is nog zeer laag. Bij te lage dampdruk is de brandspanning van de boog te hoog. Daar dit de kathode schade zou doen, is het gewenscht om met het inschakelen van de anodespanning van de boog te wachten, totdat de heele ballon en ook het kwik, dat zich onderaan in de hals bevindt, warm genoeg is, om een voldoend hooge dampdruk van het kwik te verkrijgen.

De zendlamp is tegen oververhitting beveiligd met een z.g. waterslot, dat verhindert, dat gloeispanning of anodespanning aan de lamp kan worden gelegd, alvorens het koelwater in voldoende mate stroomt. Bovendien kan alleen gloeispanning worden ingeschakeld, indien de regelinrichting daarvoor in de stand voor minimale spanning staat. De anode is op dezelfde wijze beveiligd. De anodespanning kan alleen ingeschakeld worden, wanneer de phaseregelaars op hun minimale stand staan. Het opvoeren van de gelijkspanning op haar maximale waarde eischt dan slechts enkele seconden. Tenslotte is de anode ook beveiligd tegen overbelasting, die zou kunnen optreden, wanneer men anodespanning inschakelt, zonder dat de lamp trillingen kan opwekken. Dit is bijv. het geval, wanneer de verbinding met de oven wordt onderbroken, wat vanzelf gebeurt, wanneer de oven uit de verticale stand wordt gebracht om leeggegoten te worden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

HET ZIEN VAN HELDERHEIDSCONTRASTEN BIJ DE WEGVERLICHTING

door P. J. BOUMA.

Samenvatting. Bij het zien van contrasten spelen twee factoren een groote rol:

1e. De contrastgevoeligheid (de kleinste nog waarneembare contrasten). Deze hangt van de helderheid af; bij gelijke subjectieve helderheid is ze voor de verschillende kleuren vrijwel dezelfde.

2e. De contrastrijkheid (het meer of minder geprononceerd zijn van grootere contrasten). De belangrijke verschillen, die hier tusschen de diverse lichtsoorten bestaan, worden in verband gebracht met het Purkinje-effect; dit verklaart onder meer de groote contrastrijkheid voor natriumlicht bij de op de weg gebruikelijke helderheden. Nadat voor deze contrastrijkheid een maat R is ingevoerd, worden in een helderheids-golflengte diagram de lijnen van gelijke R aangegeven (fig. 5).

Het opmerken van een object op de weg berust steeds op het waarnemen van een contrast: het object wordt gezien, omdat het een andere helderheid heeft dan het wegdek, waartegen het afsteekt. Naast dit helderheidscontrast kan ook het kleurcontrast een rol spelen: object en achtergrond kunnen verschillend gekleurd zijn. Om twee redenen is deze factor echter van ondergeschikt belang, en wel:

1e. omdat de meeste objecten (evenals het wegdek zelf) bij verlichting met niet-monochromatisch licht gewoonlijk zeer onverzadigde (weinig felle) kleuren vertoonen;

2e. omdat de lage helderheden, die de meeste, donker tegen het wegdek afstekende, objecten bezitten, de kleuren nog valer doen schijnen (naast het kleuronderscheidende kegeltjeszien speelt ook het kleurlooze staafjeszien reeds een rol).

We zullen ons hier uitsluitend met helderheidscontrasten bezighouden en moeten ons dus afvragen, onder welke omstandigheden het oog een helderheidscontrast nog kan waarnemen en wanneer het in dit opzicht dreigt te falen. Dit falen kan op twee verschillende wijzen geschieden:

1e. doordat het contrast zoo gering is, m.a.w. de twee contrasteerende helderheden zoo weinig verschillen, dat het oog, zelfs bij nauwkeurig en langdurig fixeeren, niet in staat is, het object waar te nemen; in dit geval is blijkbaar de contrastgevoeligheid van het oog onvoldoende om het object op te merken;

2e. doordat het contrast weliswaar aanmerkelijk grooter is dan de minimumwaarde, die vereischt wordt om het bij langdurig en nauwkeurig fixeeren waar te kunnen nemen, maar toch nog zoo gering, dat het aan de aandacht kan ontsnappen, of niet tijdig waargenomen wordt, daar voor het waarnemen nog een zekere tijd, een vrij nauwkeurig fixeeren, en een zekere dosis opmerkzaamheid gevergd wordt. In dit geval zeggen we, dat de contrastrijkheid onvoldoende is voor het goed en snel waarnemen.

In het eerste geval hebben we dus te maken met het minimum contrast, dat het oog onder gunstige omstandigheden nog waar kan nemen; in het tweede geval moeten we vragen naar het meer of minder geprononceerd zijn van sterkere contrasten.

Beide gevallen zijn van belang voor de wegverlichting; we zullen ze dan ook achtereenvolgens nader beschouwen.

De contrastgevoeligheid bij een helderheid H wordt als volgt gedefinieerd: is een helderheid $H + \Delta H$ nog juist van H te onderscheiden, dan noemt men de grootheid $H/\Delta H$ de contrastgevoeligheid (K). Deze contrastgevoeligheid hangt van een zeer groot aantal factoren af, waarvan we hier de belangrijkste noemen:

1e. De helderheid H.

2e. De kleur van het licht.

3e. Grootte en vorm van de twee te vergelijken velden.

4e. Gebruik van kunstmatige of natuurlijke pupil (al of niet een klein diafragma voor het oog plaatsen).

5e. Individueele verschillen.

6e. Meetmethode.

7e. Storende invloeden, zooals een onjuiste adaptatietoestand, aanwezigheid van verblindende lichtbronnen in het gezichtsveld, nabeelden, enz.

Wat punt 3 betreft nemen we aan, dat de velden zoo groot gekozen worden, dat vrijwel het geheele netvlies aan de helderheid H geadapteerd is; of een kunstmatige pupil gebruikt is (4), zal steeds vermeld worden. Wat de meetmethode (6) betreft

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

het volgende: gewoonlijk onderzoekt men, welke extra helderheid ΔH men op een gedeelte van het gezichtsveld moet aanbrengen om dit deel juist helderder te zien dan de omgeving met helderheid H (directe methode). Soms echter tracht men de contrastgevoeligheid te bepalen uit de middelbare fout bij photometrische instellingen (indirecte methode). De resultaten van beide methoden kunnen belangrijk verschillen; we gebruiken hier steeds de directe methode.

Tenslotte veronderstellen we, dan de onder 7°. genoemde storende invloeden (die onder de verzamelnaam „verblinding" samengevat kunnen worden) aanwezig zijn.

Omtrent het algemeene verloop van de contrastgevoeligheid met de helderheid, en de wijze, waarop zij van de kleur van het licht afhangt, kan *fig. 1* (naar metingen van König) ons inlichten. Hier is voor monochromatisch licht van verschillende golflengten $H/\Delta H$ als functie van H uitgezet. H is in kaars/m² uitgedrukt; er werd een kunstmatige oogpupil van 1 mm² gebruikt. We zien de volgende eigenaardigheden:

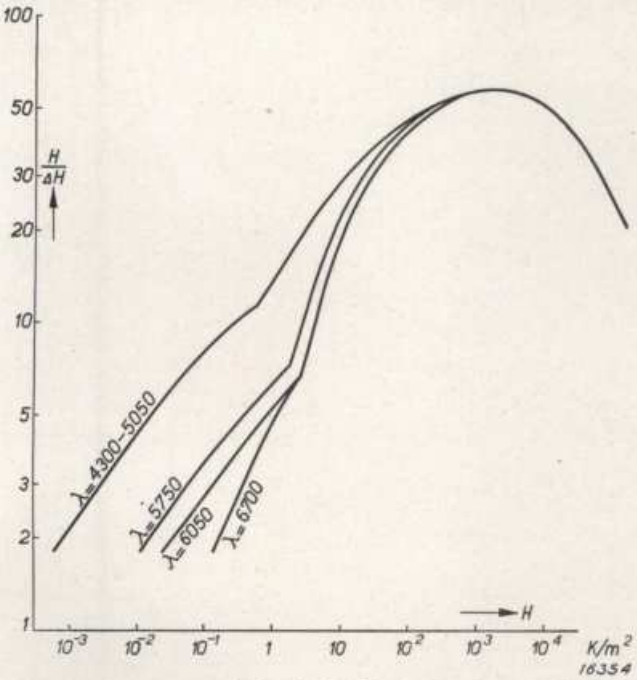

Fig. 1. Contrastgevoeligheid $H/\Delta H$ als functie van de helderheid H in kaars/m² voor monochromatisch licht van verschillende golflengte λ (König).

1e. Er is een gebied, waar $H/\Delta H$ slechts weinig varieert met de helderheid (alleen hier geldt dus de wet van Weber-Fechner).

2e. zoowel bij lage als bij hooge helderheid wordt de contrastgevoeligheid minder.

3e. De krommen bestaan uit twee stukken, die met een knik in elkaar overgaan. Dit feit moet vermoedelijk zoo verklaard worden, dat beneden dit punt de staafjes de grootste contrastgevoeligheid hebben, en dus de hoofdrol spelen, erboven de kegeltjes.

4e. Bij hooge helderheden is de contrastgevoeligheid K onafhankelijk van de kleur, bij lage helderheden is ter bereiking van eenzelfde K een veel grootere helderheid van rood licht noodig dan van blauw licht.

Nu is ook voor het bereiken van eenzelfde subjectieve helderheid in dit gebied een grootere helderheid van rood licht noodig dan van blauw licht [1]) (Purkinje-effect) en het ligt dus voor de hand om na te gaan, hoe de krommen worden, wanneer we K niet als functie van de helderheid H, maar als functie van de subjectieve helherdeid h uitzetten. In dat geval ontstaat *fig. 2* (hierin is tevens de omrekening van kunstmatige op natuurlijke oogpupil verwerkt; fig. 2 geldt dus voor waarnemingen met de natuurlijke oogpupil). Alle krommen van fig. 1 zijn nu samengetrokken tot één kromme, waar de afzonderlijke meetpunten nergens meer dan ca. 20% van afwijken, met andere woorden: de contrastgevoeligheid bij een bepaalde subjectieve helderheid is vrijwel onafhankelijk van de kleur van het licht. Op de oorzaak van kleine afwijkingen, die hiervan kunnen optreden, zullen we straks nader terugkomen.

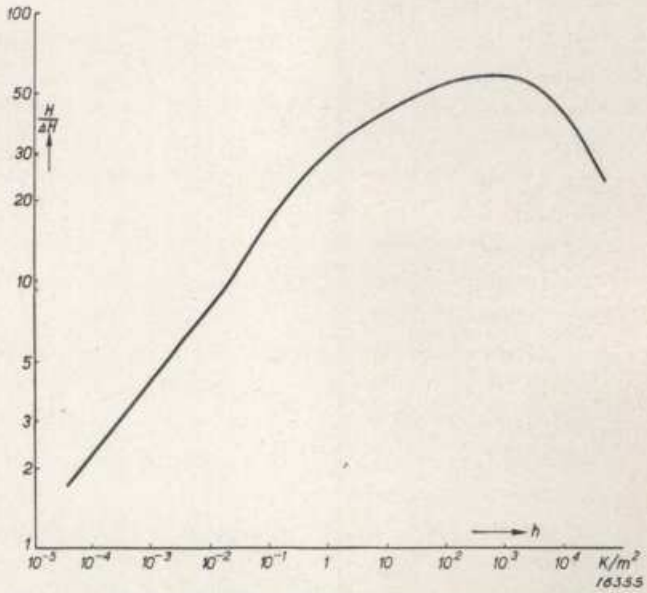

Fig. 2. Contrastgevoeligheid $H/\Delta H$ als functie van de subjectieve helderheid h in kaars/m²; deze kromme geldt in goede benadering voor alle lichtsoorten.

Ook talrijke nieuwere metingen met zeer uiteenloopende lichtsoorten (monochromatisch licht, gloeilampenlicht, kwiklicht, enz.) stemmen, mits op de juiste wijze omgerekend [1]), uitstekend met

[1]) Voor de begrippen helderheid H en subjectieve helderheid h en het quantitatieve verband tusschen deze grootheden vergelijke men: Philips techn. T. 1, 144, 1936.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

fig. 2 overeen.

Voor de praktijk kunnen we uit het bovenstaande de volgende conclusies trekken:

1e. Daar we bij de wegverlichting ons steeds bevinden in het gebied, waar K nog sterk van h afhangt, zal elke verhooging van het helderheidsniveau een verhooging van K, en dus een beter opmerken van weinig afstekende voorwerpen veroorzaken.

2e. Zoolang de helderheid van het wegdek niet beneden ca. 0,3 kaars/m² daalt, vinden we voor verschillend gekleurd licht bij gelijke H nog vrijwel gelijke h, en dus vrijwel gelijke K, met andere woorden er zijn geen belangrijke verschillen in contrastgevoeligheid bij eenzelfde waarde van H voor de verschillende lichtsoorten.

We komen nu aan ons tweede punt, de contrastrijkheid. We krijgen hierbij aanmerkelijk grootere contrasten te vergelijken dan in het voorafgaande en we moeten de volgende vraag stellen:

Wanneer we eenzelfde weg achtereenvolgens met twee verschillende lichtsoorten verlichten, er voor zorg dragend, dan de verlichtingssterkte dezelfde is, zullen dan de contrasten in het ééne geval toch sterker geprononceerd kunnen zijn dan in het andere?

Dit blijkt inderdaad het geval te zijn en als voorbeeld kunnen we aanhalen de verlichting met geel natriumlicht en met wit gloeilampenlicht. In het eerste geval zien we de donkere objecten veel zwarter tegen het wegdek afsteken dan in het tweede geval. Hoe is dit nu te verklaren uit de eigenschappen van het oog? De meest voor de hand liggende verklaring zou zijn, dat de reflectiecoëfficiënten van de donkere objecten op de weg voor natriumlicht aanmerkelijk lager zouden zijn dan voor wit licht: bij gelijke verlichtingssterkte zouden de objecten dan bij natriumlicht een veel geringere helderheid bezitten. Uitvoerige metingen van reflectiecoëfficiënten bij verschillende lichtsoorten toonden echter aan, dat dergelijke verschillen in het geheel niet bestaan. We moeten dus aannemen, dat de helderheid van de donkere voorwerpen in beide gevallen dezelfde was; toch zien we hen in het geval van natriumverlichting donkerder, met andere woorden de subjectieve helderheid is in dit geval kleiner. Deze beschouwing doet direct een samenhang vermoeden met het Purkinje-effect [2]).

Om dit nauwkeuriger na te gaan, moeten we de samenhang tusschen helderheid H, subjectieve helderheid h en golflengte λ voor monochromatisch licht kennen (zie *fig 3*, uit metingen van

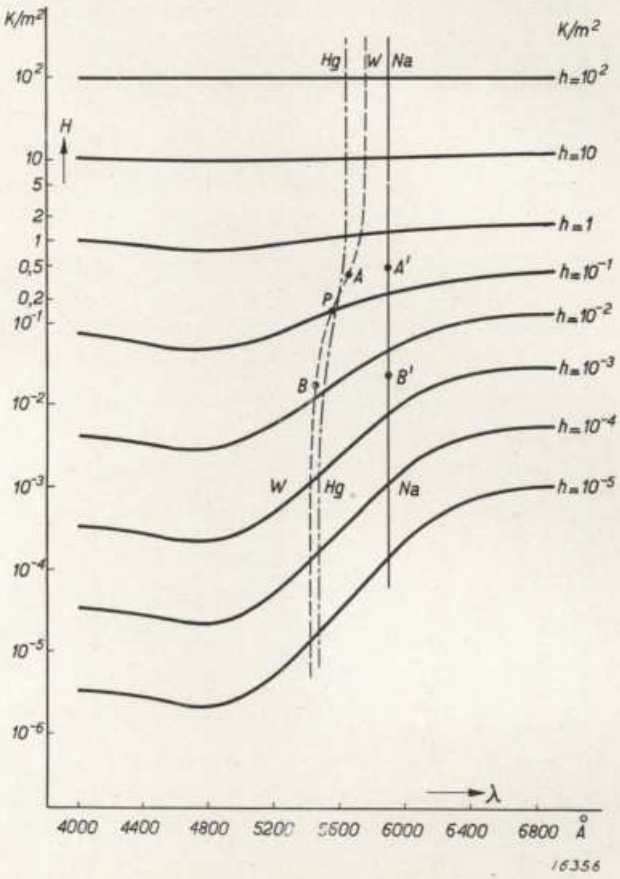

Fig. 3. Het verband tusschen helderheid (H) en subjectievehelderheid (h) voor gloeilampenlicht (W — — —), kwiklicht (Hg — · —) en monochromatisch licht, o.a. natriumlicht (Na).

König afgeleid, waar in een H-λ diagram de lijnen van gelijke h geteekend zijn).

Men kan echter uit de metingen van König ook voor een samengestelde lichtsoort (bijv. het gloeilampenlicht, waarvoor is aangenomen een zwart lichaam met temperatuur 2700° K) bij elke H de bijbehoorende h berekenen. Nu wordt door een waarde van h en een waarde van H een punt [3]) in het diagram van fig. 3 vastgelegd (uit het feit dat een helderheid 0,13 kaars/m² van wit licht ons

[2]) Ook een ander effect kan hier een — zij het ook ondergeschikte — invloed hebben op de contrasten, nl. het feit, dat het blauwe licht in het oog iets sterker verstrooid wordt dan de andere lichtsoorten. Hierdoor kunnen kleine donkere objecten bij gebruik van wit licht door verstrooid licht gesluierd worden; bij natriumlicht treedt dit in veel mindere mate op.

[3]) De door dit punt vastgelegde golflengte λ beteekent physisch: het witte licht gedraagt zich hier, wat zijn h/H betreft op dezelfde wijze als monochromatisch licht van die golflengte λ.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

een subjectieve helderheid 0,10 kaars/m² levert, vinden we bijv. het punt P). Door alle op deze wijze gevonden punten door een kromme te verbinden, ontstaat een lijn (— — —), die het gedrag van wit licht (W) karakteriseert. Op dezelfde wijze geeft de andere lijn (— · — · —) het gedrag van kwiklicht (Hg) aan. In het algemeen wordt in ons diagram een samengestelde lichtbron door een gekromde lijn, een monochromatische door een verticale rechte weergegeven.

Om uit dit diagram de betere contrasten voor natriumlicht te begrijpen, stellen we ons voor, dat de volgende eenvoudige proef wordt uitgevoerd (*fig. 4*). Op een vel wit papier worden twee half-

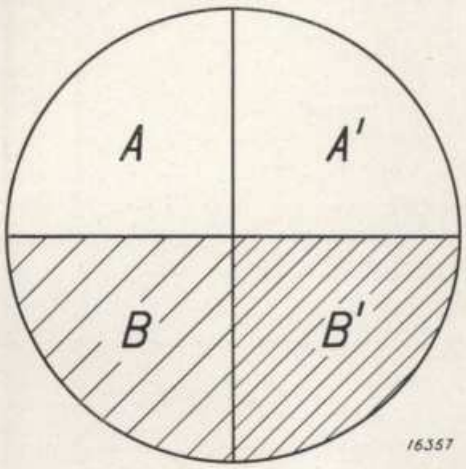

Fig. 4. Demonstratie van de betere contrastrijkheid voor natriumlicht:
AB wit licht, $A'B'$ natriumlicht
AA' wit papier, BB' zwart doek.
Is A' even helder als A, dan lijkt B' veel donkerder dan B.

cirkelvormige lichtvlekken geprojecteerd, de linkerhelft (AB) wit licht, de rechterhelft ($A'B'$) met natriumlicht. We stellen de verlichtingssterkten zóó in, dat de beide subjectieve helderheden gelijk zijn, bijv. 0,3 kaars/m². Vervolgens brengen we op de onderste helft (BB') een zwart doek aan, waarvan de reflectiecoëfficiënt bijv. een factor 20 kleiner is dan die van het papier. We zien dan het merkwaardige verschijnsel, dat — terwijl A en A' er even helder uitzien — het kwadrant B' veel donkerder lijkt dan kwadrant B, met andere woorden het „natriumcontrast" $A'B'$ is veel sterker geprononceerd dan het „witte contrast" AB.

Dit verschijnsel is direct uit fig. 3 te verklaren, waarin de vier punten zijn geteekend, die de toestanden in de kwadranten $ABA'B'$ karakteriseeren. De punten A en A' liggen beide op de kromme $h = 0{,}3$ kaars/m²; ze hebben de helderheden $H = 0{,}390$ resp. $H = 0{,}474$ kaars/m². De punten B en B' zullen een 20 maal zoo kleine helderheid moeten hebben, dus resp. $H = 0{,}0195$ en $0{,}0237$ (de verticale afstand in logarithmische schaal tusschen A en B is in de figuur dus gelijk aan die tusschen A' en B'). We zien nu, dat het punt B correspondeert met een subjectieve helderheid $h = 0{,}0138$, het punt B' met $h = 0.0036$. Inderdaad blijkt dus de subjectieve helderheid van kwadrant B' veel lager te zijn dan die van B.

Geheel op dezelfde wijze moet nu het betere contrast op de natriumwegen verklaard worden. De beide wegdekken spelen de rol van de kwadranten A en A', de donkere objecten, die van de kwadranten B en B'; het object B' steekt tegen de weg A' veel sterker af dan het object B tegen de weg A.

Daar dit verschijnsel in principe berust op de verschuiving van de ooggevoeligheidskromme, (P u r k i n j e-effect), is het duidelijk, dat voor het optreden ervan vereischt wordt, dat minstens één der contrasteerende helderheden in het gebied ligt, waar deze verschuiving plaats grijpt. Zoowel bij hooge helderheden als bij zeer lage verdwijnt dus het effect. Bij de wegverlichting bevinden we ons in dit opzicht juist in een zeer gunstig gebied: de helderheid van de weg heeft de orde van grootte van 0,3 kaars/m² en ligt dus boven in het verschuivingsgebied; die van het object ligt er gewoonlijk veel dieper in. Tusschen de twee helderheden heeft derhalve een belangrijke P u r k i n j e-verschuiving plaats, die de contrastverbetering bij natriumlicht veroorzaakt.

We zien dit alles nog beter in, wanneer we een m a a t voor de contrastrijkheid invoeren. Hiertoe hebben we in *fig. 5* het verband tusschen H, h en λ nog eens geteekend. Hoe vinden we nu een — uit physiologisch oogpunt redelijke — maat voor het contrast, dat bijv. bestaat tusschen de punten P en Q, die beide een bepaalde helderheid bij licht van 5350 Å voorstellen? Noch het energieverschil, noch de energieverhouding (de afstand PQ in fig. 5) is een physiologisch juiste maat voor het contrast; de beste maat voor het contrast tusschen P en Q is wel het aantal tusschen P en Q gelegen stapjes van juist te onderscheiden helderheidsverschil. We bepalen dus op de lijn $\lambda = 5350$ Å de punten, die telkens één dergelijk stapje van elkaar verwijderd zijn (in de figuur is elk tiende punt geteekend), en stellen ons voor, dat door al d i e punten de krommen van gelijke subjectieve helderheid getrokken zijn [4]). Op deze wijze krijgt elke kromme een nummer n (de telling begint bij $n = 0$ voor de absolute drempelwaarde); deze nummering is aan de linkerzijde van de krommen bijgeschreven.

[4]) Deze krommen behooren dus ook tot hetzelfde stelsel, waarvan in fig. 4 eenige andere exemplaren geteekend zijn.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

We definieeren nu: het contrast tusschen twee punten van het diagram, die bij dezelfde lichtsoort behooren, is n_1—n_2, wanneer door het ééne punt de kromme met nummer n_1, door het andere die met n_2 gaat.

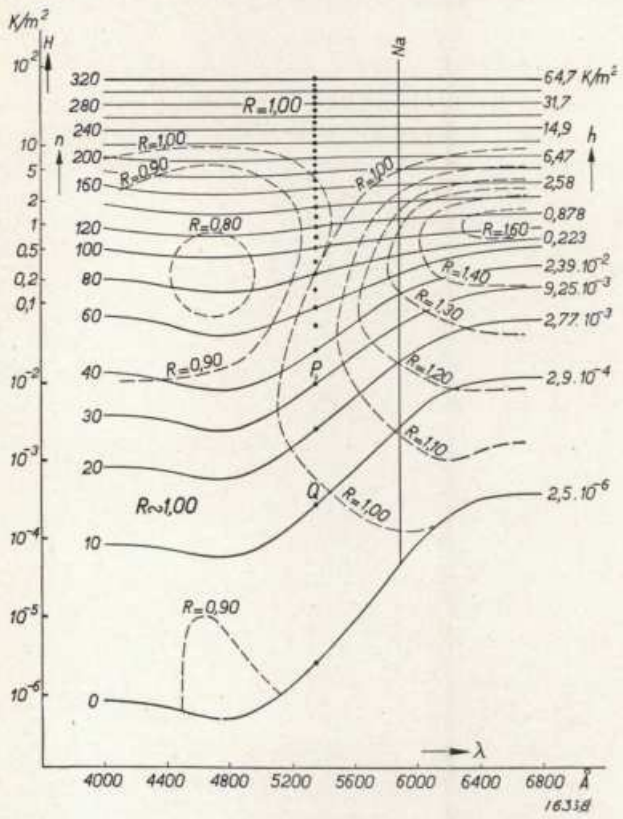

Fig. 5. H-λ diagram met lijnen van gelijke subjectieve helderheid h (———) en lijnen van gelijke contrastrijkheid R (— — —). Voor natriumlicht ligt de maximale waarde van R (1,33) bij $H = 0{,}3$ kaars/m²; voor wit licht is R overal gelijk aan 1.

Het contrast tusschen P en Q van fig. 5 bedraagt dus 20, dat tusschen $h = 0{,}878$ en $h = 0{,}0239$ bedraagt voor elke lichtsoort 80, dat tusschen A en B en tusschen A' en B' van fig. 3 resp. 55 en 67. De definitie voldoet aan de voor de hand liggende eisch: twee contrasten PQ en $P'Q'$ zijn even groot, wanneer P en P' dezelfde subjectieve helderheid bezitten en hetzelfde ook voor Q en Q' geldt.

Als contrastrijkheid R van een bepaalde lichtsoort bij een bepaalde subjectieve helderheid h_0 definiëeren we het quotiënt van het contrast, dat ontstaat door de helderheid een factor 5 te verlagen en het contrast, dat bij wit licht ontstaat tusschen de subjectieve helderheid h_0 en de subjectieve helderheid, die men vindt door ook hier de helderheid een factor 5 te verlagen. (De factor 5 is een op de weg veel voorkomende helderheidsverhouding).

We kunnen voor elk punt van het diagram op deze wijze de contrastrijkheid R bepalen, en de krommen van gelijke R teekenen, zooals in fig. 5 is geschied. We zien dan het volgende:

1e. Voor zeer kleine en voor groote helderheden is de contrastrijkheid practisch gelijk aan 1, dus voor alle kleuren dezelfde als voor wit.

2e. De grootste contrastrijkheid treedt op bij de grootste golflengtes (rood) bij subjectieve helderheden van 0,3 à 0,6 kaars/m².

3e. De contrastrijkheid is het kleinst bij de korte golflengtes (blauw) voor een subjectieve helderheid van ca. 0,3 kaars/m².

4e. Voor natriumlicht bereikt de contrastrijkheid haar grootste waarde bij een helderheid van ca. 0,3 kaars/m², d.w.z. juist bij helderheden, die in de praktijk op het wegdek voorkomen.

De contrastrijkheid voor wit licht is per definitie steeds gelijk aan 1; die voor kwiklicht is vrijwel hetzelfde, daar de kwikkromme (Hg) en de witkromme (W) van fig. 3 zoo weinig verschillen. Inderdaad zien we in de praktijk door het gebruik van kwiklicht geen verbetering van contrasten optreden. Aan de hooge contrastrijkheid in het uiterste rood moeten we niet te veel waarde toekennen, daar de geringe ooggevoeligheid voor dit golflengtegebied toepassing van deze lichtsoort economisch onmogelijk maakt.

Tenslotte merken we nog op, dat het eenigszins voor de hand ligt te verwachten, dat bij een bepaalde subjectieve helderheid een grootere contrastrijkheid ook gepaard zal gaan met een iets grootere contrastgevoeligheid. Een dergelijk effect is inderdaad gevonden bij de vergelijking van natriumlicht en wit licht: in het gebied van de Purkinje-verschuiving bleek — bij dezelfde subjectieve helderheid — de contrastgevoeligheid voor natriumlicht iets beter dan voor wit licht. Bij gelijke helderheid vergeleken waren geen merkbare verschillen te vinden.

LITERATUUR.

Contrastgevoeligheid:

König, Brodhun, Sitz. Ak. Berl. 1888, S. 917 (Gesammelte Abhandl. S. 115) (Contrastgevoeligheid bij verschillende helderheden en golflengtes).

Nutting, Bur. Stand. Bull. **3**, 59, 1907; **5**, 261, 1908 (Bevat o.a. de uitgewerkte metingen van König).

Stiles, Crawford, Proc. Roy. Soc. B. **113**, 496, 1933; **116**, 759, 1933. **132**, 55, 1934; Nature (Contrastgevoeligheidsmetingen onder zeer uiteenloopende omstandigheden).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Blanchard, Phys. Rev. **11**, 81, 1918. (De metingen van König, aangevuld met eigen metingen).
Houston, Phil. Mag. **12**, 538, 1931. (Vergelijking van de directe en indirecte meetmethode).
Cobb, Trans. Ill. Eng. Soc. **8**, 372, **11**, 292, 1913; 1916. (Invloed van de helderheid der omgeving).
Klein, Licht und Lampe **23**, 168, 1934. Das Licht **4**, 81, 1934. (Vergelijking tusschen wit licht en natriumlicht).
Hecht, Nat. Acad. Sc. Proc. **20**, 644, 1934. (Verklaring op grond van photochemische reacties).
Weigel, Das Licht **5**, 211, 1935. (Vergelijking tusschen gloeilampen-, natrium- en kwiklicht).
Bouma, De Ingenieur **49**, A 290, 1934. (Vergelijking van wit licht en natriumlicht; samenhang met de contrastrijkheid).
Contrastrijkheid:
Bouma, De Ingenieur **49**, A 290, 1934; Licht und Lampe **24**, 217, 1935. (Samenhang tusschen contrastrijkheid en Purkinje-effect).

EENIGE EIGENSCHAPPEN VAN ONTVANGLAMPEN BIJ KORTE GOLVEN

door C. J. BAKKER.

Samenvatting. Besproken worden verschijnselen, die samenhangen a) met de ruimtelading van electronen in de inter-electrode ruimten van een radio-ontvanglamp en b) met de eindige looptijd van de electronen tusschen de diverse electroden. Aan de ingangszijde van de lamp veroorzaakt a) een verstemming en b) een demping van de ingangskring. In het bijzonder bij korte golven moet met deze verschijnselen rekening gehouden worden.

Een nieuwe versterkingsmethode wordt besproken, die berust op de influentie van lading door de electronen op een „anode" met negatieve spanning. Bij korte golven blijkt deze nieuwe methode voordeelen boven de normale versterkingsmethode met „positieve" anode te bezitten.

Inleiding

Er is op het oogenblik een algemeen streven merkbaar om het gebied van de korte golven dienstbaar te maken voor radio-uitzending en ontvangst. Onder korte golven zullen we hier verstaan golven met golflengten kleiner dan 15 m; wij herinneren in dit verband eraan, dat voor de televisie een golflengte van 7 m en soms nog korter wordt gebruikt. In dit artikel zullen we enkele der verschijnselen bespreken, die zich bij deze korte golven in de radio-ontvanglampen voordoen en waarmede, bij het gebruik van de lampen in dit golflengtegebied, terdege rekening gehouden moet worden.

Wij zullen onze beschouwingen hoofdzakelijk beperken tot trioden. Ze zijn echter ook op lampen met meerdere roosters direct van toepassing. De werking daarvan wordt gekenmerkt door het verband, dat er bestaat tusschen de wisselstroom in de ingangskring i_g en de uitgangskring i_a en de wisselspanningen e_g en e_a aan de ingangs- en uitgangszijde. Als ingangskring wordt hierbij de stroomkring bedoeld, die tusschen kathode en stuurrooster is verbonden. De uitgangskring is tuschen kathode en anode verbonden. Zijn de wisselspanningen e_g en e_a voldoende klein dan is het verband tusschen spanningen en stroomen lineair, d.w.z. er gelden vergelijkingen van de vorm:

$$i_a = A\,e_g + B\,e_a$$
$$i_g = C\,e_g + D\,e_a$$

A, B, C en D hangen hierbij af van de eigenschappen der ontvanglampen en van de gelijkspanningen, die aan anode en rooster aangelegd zijn.

De coëfficiënt A is de steilheid van de lamp. Hij is een maat voor de beïnvloeding van de anodestroom i_a door de roosterspanning e_g.

B geeft aan, welke wisselstroom naar de anode gaat als gevolg van een anodewisselspanning e_a. De grootheid $1/B$ noemt men de uitgangsimpedantie van de lamp.

De coëfficiënt C geeft aan, welke wisselstroom naar het rooster loopt, als er een wisselspanning op het rooster wordt gezet. $1/C$ is de zoogenaamde ingangsimpedantie. Wanneer de voorspanning van het rooster voldoende negatief is, dan kan geen gelijkstroom van kathode naar rooster gaan. Het geleidingsvermogen voor wisselstroom is echter niet nul, omdat de ingangsspanning e_g een capacitieve stroom veroorzaakt tusschen rooster en

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

kathode. Wij zullen later zien, dat in het bijzonder bij hooge frequenties, niettegenstaande de negatieve voorspanning, behalve de capaciteitsterm ook een weerstandsterm in de ingangsimpedantie optreedt.

De coëfficiënt D geeft tenslotte de „terugwerking" aan: d.w.z. de invloed van de anodespanning op de roosterstroom.

De stroomoverdracht in een radiolamp geschiedt door electronen, die door een verhitte kathode worden uitgezonden. Dat beteekent, dat zich in de ruimte tuschen kathode, rooster en anode steeds electronen zullen bevinden en wel des te meer, naarmate er meer electronen de kathode per seconde verlaten en naarmate de electronen langzamer loopen. De verschijnselen, die samenhangen met deze zich in vacuo bevindende electronen (ruimtelading) en met hun eindige snelheid, zijn bij ultra korte golven van bijzondere beteekenis en vormen het onderwerp van dit artikel.

Een gewichtige eigenschap van de ruimtelading is haar invloed op de onderlinge capaciteit van de electroden, waartusschen ze zich bevindt. Op deze capaciteitsveranderingen en haar invloed wordt in dit gedeelte: „*Verandering van de afstemming*" en in het eerste gedeelte der theoretische beschouwingen nader ingegaan.

Daarnaast worden de verschijnselen besproken, die een gevolg zijn van het feit, dat de electronen een weliswaar korte, maar toch eindige tijd noodig hebben om van de eene electrode naar de andere te komen. Dat beteekent o.m., dat de stroom een zekere phasevertraging vertoont t.o.v. de roosterwisselspanning. Deze phasevertraging zal toenemen met de frequentie van de wisselspanning op het rooster. De gevolgen van dit verschijnsel worden in het gedeelte „*Dempingen*" en in het tweede gedeelte der theoretische beschouwingen behandeld.

In hoofdzaak willen wij onderzoeken, welke invloed de ruimtelading en de looptijd der electronen hebben aan de ingangszijde van de ontvanglamp. Wij behandelen dus in het bijzonder de invloed op de coëfficiënt C in de boven gegeven vergelijkingen. Het is wel duidelijk, dat aan de ingangszijde beide verschijnselen sterker zullen optreden dan aan de uitgangszijde. Tusschen kathode en rooster hebben de electronen tengevolge van de kleinere versnellende spanning (de voorspanning van het rooster is negatief) inderdaad kleinere snelheden dan tusschen de andere electroden. Daarom is de ruimtelading daar het dichtst en om dezelfde reden is de looptijd van kathode naar het eerste rooster groot vergeleken met de tijd, die de electronen tusschen de andere electroden verblijven.

Tenslotte zullen wij in het gedeelte „*Inductie-effect*" een influentieverschijnsel beschouwen, dat een gevolg is van de ruimtelading en dat een rol speelt in hexode menglampen en ook in octoden. Op dit inductie-effect berust een voor korte golven bruikbare, totaal nieuwe wijze van versterken, die in het laatste gedeelte behandeld zal worden.

Verandering van de afstemming

Het eenvoudigste kunnen we de in *fig 1* afgebeelde schakeling van een triode beschouwen. De

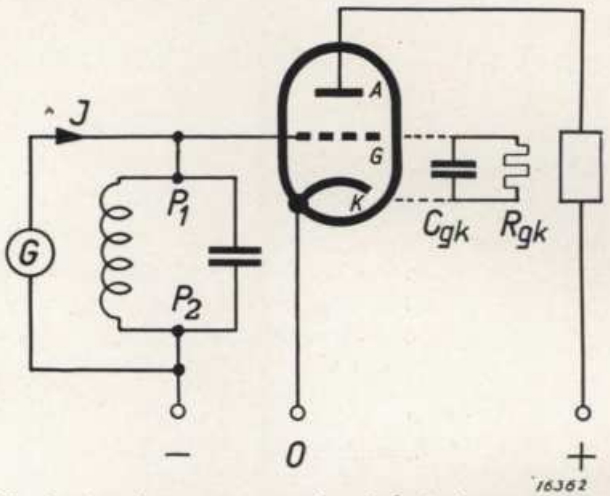

Fig. 1. Aan het rooster van de triode is de zg. ingangskring verbonden, bestaande uit zelfinductie en condensator. De interelectrode capaciteit C_{gk} wordt door de aanwezigheid van ruimtelading tusschen G en K vergroot. Daar C_{gk} parallel aan de uitwendige capaciteit is geschakeld, beïnvloedt dus de ruimtelading de afstemming van de ingangskring. De weerstand R_{gk}, die de capaciteit C_{gk} overbrugt, ontstaat tengevolge van de eindige looptijd van de electronen tusschen K en G. R_{gk} en bewerkt een demping op de ingangskring, die evenredig is aan het kwadraat van de frequentie.

volgende beschouwingen kunnen echter zonder moeilijkheden toegepast worden op versterkerlampen met meerdere roosters. De capaciteiten C_{gk} en C_{ga} van de electroden onderling zijn parallel geschakeld aan de capaciteit C van de ingangskring. Zij zijn dus mede van invloed op de afstemming van deze kring. Daar de capaciteit C_{gk} afhangt van de met de anodestroom veranderende ruimtelading tuschen kathode en rooster, is deze invloed op de afstemming niet constant.

De theorie laat zien, dat de ruimtelading tusschen kathode en rooster de capaciteit C_{gk} grooter maakt. De toename ΔC_{gk} van de capaciteit is het grootst, wanneer de stroom bepaald is door het zg. ruimteladingsevenwicht, d.w.z. wanneer de kathode een overmaat van electronen uitzendt, zoodat een deel van hen tengevolge van de afstootende werking der zich in de ruimte bevindende electronen

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

naar de kathode terugkeert. In dat geval blijkt ΔC_{gk} onafhankelijk van de stroomsterkte. In alle andere bedrijfstoestanden van de lamp is ΔC_{gk} kleiner.

Veranderingen in de afstemming komen bijzonder sterk naar voren bij toestellen met automatische geluidssterkteregeling. Deze regeling is namelijk zoo gemaakt, dat bij vergrooting van het antennesignaal de versterking door de regelende lamp verminderd wordt, doordat het stuurrooster een grootere negatieve voorspanning krijgt en daardoor het emitteerende deel van de kathode kleiner wordt gemaakt.

Dit bereikt men met behulp van een lamp, waarin de draadwikkelingen van het stuurrooster op ongelijke afstand liggen (inconstante spoed van het stuurrooster). Bij verhooging van de negatieve spanning van dit rooster, zal de stroom het eerst onderdrukt worden daar, waar de spoed het kleinst is. Dit heeft tengevolge, dat de bijdrage van de ruimtelading tot de capaciteit kleiner wordt, en daardoor verandert de afstemming. Deze capaciteitsveranderingen ΔC_{gk} hebben bij lampen met normale afmetingen een waarde van ongeveer 1 $\mu\mu$F. Natuurlijk komen ze sterker uit naarmate de capaciteit C in de aangesloten kring kleiner is. In het algemeen zal men des te kleiner capaciteiten gebruiken, naarmate de frequentie, die ontvangen wordt, hooger is. De invloed van de capaciteitsverandering treedt dus vooral naar voren bij ontvangst van korte golven.

De capaciteitsverandering in een ontvanglamp wordt des te eerder merkbaar, naarmate de scherpte van afstemming van de kring, die door de capaciteitsverandering ontstemd wordt, grooter is. Beschouwen we de schakeling in fig. 1. Om bij een gegeven stroomsterkte I van de generator aan de klemmen P_1 en P_2 (d.w.z. tusschen rooster en kathode) een zoo hoog mogelijke wisselspanning e_g te verkrijgen, moet de golfweerstand [1]) R van de kring zoo groot mogelijk zijn. De golfweerstand en de afstemscherpte van een trillingskring zijn echter nauw met elkaar verbonden. Men heeft de formule:

$$R = \frac{1}{2\pi\nu\,\Delta C}$$

waarin ν de eigenfrequentie van de kring is en ΔC de capaciteitsverandering, die de spanning tusschen P_1 en P_2 ongeveer op 70% (nauwkeurig $\sqrt{1/2}$) van zijn maximale waarde terugbrengt. Bij golflengten van meer dan 20 m is een golfweerstand $R >$ 20000 Ω in de praktijk gemakkelijk te bereiken.

[1]) De golfweerstand is experimenteel gedefinieerd door de verhouding van e_g en I bij de afgestemde kring: $R = e_g/I$.

Bij een capaciteitsverandering $\Delta C = 1$ $\mu\mu$F (dit beantwoordt aan de capaciteitsvariaties van de ontvanglamp) vinden wij voor de frequentie, waarbij de spanning op 70% van haar oorspronkelijke waarde gevallen is:

$$\nu \leqslant \frac{1}{2\pi R\,\Delta C} = 8.10^6 \text{ sec}^{-1},$$

wat overeenkomt met een golflengte van:

$$\lambda \geqslant 38 \text{ m}.$$

Bij het hier gekozen voorbeeld zal de invloed van de capaciteitsveranderingen in de ontvangst dus merkbaar worden voor golflengten beneden 40 m.

Dempingen

De eindige looptijd der electronen tusschen kathode en rooster veroorzaakt, zooals in het theoretisch gedeelte uiteengezet zal worden, dat in de ingangsimpedantie een weerstandsterm R_{gk} optreedt, die de capaciteit C_{gk} overbrugt. Men neemt waar, dat bij constant gehouden spanning van de generator G het daaraan onttrokken vermogen grooter is, wanneer de lamp ingeschakeld dan wanneer ze uitgeschakeld is. (Het uitschakelen kan bijv. zoo gebeuren, dat men de negatieve voorspanning zoo groot maakt, dat er geen anodestroom loopt.) In tegenstelling tot de capaciteitsveranderingen ΔC_{gk}, die onafhankelijk van de frequentie zijn, is R_{gk} omgekeerd evenredig met het quadraat van de frequentie. In *tabel I* zijn eenige experimenteele gegevens voor de hoogfrequent-penthode AF 7 verzameld. *Fig. 2* geeft op logarithmische schaal de gemeten waarden van R_{gk} voor verschillende frequenties ω; de punten liggen, in overeenstemming met wat men theoretisch kon verwachten, op een rechte lijn met de helling –2. De met

Tabel I. Ingangscapaciteit en ingangsdemping van de ontvanglamp AF 7 voor verschillende golflengten.

	Ingangscapaciteit		Ingangsdemping		
λ	$C_{i_a=0}$	$C_{i_a=3\,mA}$	$R_{i_a=0}$	$R_{i_a=3\,mA}$	R_{gk}
m	$\mu\mu$F	$\mu\mu$F	M Ω	M Ω	M Ω
200	6,5	8,0	5	3	8
40	6,5	8,0	3	0,28	0,31
20	6,5	8,0	1,5	0,074	0,078
10	6,5	8,0	0,6	0,0185	0,019
4	6,5	8,0	0,1	0,0029	0,003

De capaciteitsverandering door de ruimtelading is onafhankelijk van de golflengte (1,5 $\mu\mu$F). De door de looptijd veroorzaakte demping ($1/R_{gk} = 1/R_{i_a=3\,mA} - 1/R_{i_a=0}$) is echter omgekeerd evenredig met het kwadraat van de golflengte (zie fig. 2).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

de frequentie oploopende demping heeft tot gevolg, dat te korte golven niet versterkt kunnen

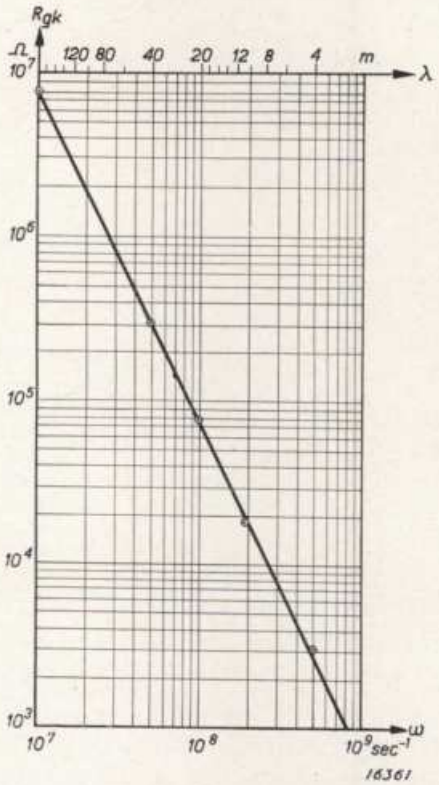

Fig. 2. De weerstand R_{gk}, die ontstaat tengevolge van de eindige looptijd der electronen tusschen kathode en rooster, is op de ordinaatas uitgezet. Op de abscisas staat op logarithmische schaal de hoekfrequentie ω. De meetpunten, die betrekking hebben op de hoogfrequent-penthode AF 7, liggen op een rechte met helling —2. Dit is in overeenstemming met de theorie, die leert, dat R_{gk} omgekeerd evenredig met ω^2 moet zijn.

worden. Als voorwaarde voor versterking zal in het theoretische gedeelte worden afgeleid, dat de trillingstijd van de golven grooter moet zijn, dan 1,4 maal de looptijd der electronen. Deze voorwaarde levert bij de AF 7 een grens van 85 cm.

Zoowel de capaciteiten als de looptijden der electronen zijn bij gegeven vorm van het electrodensysteem en bij gegeven spanningen evenredig met de afmetingen van de lamp. Een gemakkelijk middel om lampen voor korte golven geschikt te maken is daarom het verkleinen van de afmetingen. *Fig. 3* laat de ontwikkeling zien van hoogfrequent versterkingslampen voor het korte-golfgebied. De beide links-staande lampen worden gebruikt in de tegenwoordige apparaten in het normale golfgebied. De kleinste uitvoering rechts is nog bruikbaar bij 50 cm golflengte. De ingangscapaciteit C_{gk} is van ongeveer 6 tot 2,5 $\mu\mu$F afgenomen. De afstand tusschen kathode en rooster werd verminderd van 0,4 mm tot op 0,1 mm. De looptijden der electronen van de kathode naar het rooster gingen hierdoor terug van 2.10^{-6} sec. tot $0{,}5.10^{-9}$ sec.

Inductie-effect

Bij lampen met meerdere roosters kan het gebeuren, dat de spanning aan een paar electroden

Fig. 3. De foto toont de ontwikkeling van penthode-versterkerlampen voor het kortegolfgebied. De tweede lamp van links (AF 7) is van het type, dat op het oogenblik in de radio-ontvangtoestellen wordt gebruikt. De kleinste penthode rechts, die een hoogte heeft van iets meer dan 1 cm, is nog tot een golflengte van 50 cm bruikbaar.

(b.v. tusschen rooster en kathode) de ruimtelading tusschen twee andere electroden beïnvloedt. In *fig. 4* wordt het voorbeeld gegeven van een scha-

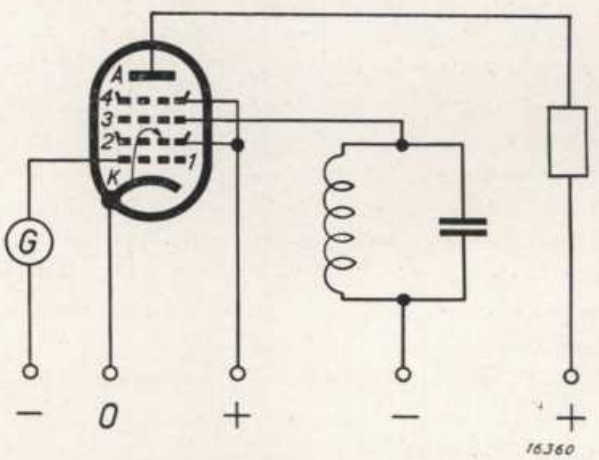

Fig. 4. Een deel van de electronen, die rooster *2* passeeren, keert voor rooster *3* terug, zoodat tusschen rooster *2* en *3* een aanmerkelijke ruimtelading ontstaat, die zal wisselen in phase met de wisselspanning (door generator G geleverd) op rooster *1*. De wisselende ruimtelading tusschen rooster *2* en *3* induceert op rooster *3* een wisselende lading, zoodat door de kring, die aan rooster *3* is verbonden, een wisselstroom vloeit. Tengevolge van dit „influentie-effect" van de electronen ontstaan er dus over de kring van rooster *3* wisselspanningen van de generatorfrequentie. Afhankelijk van de phase van deze spanningen wordt de steilheid vermeerderd of verminderd.

keling, waarbij dit verschijnsel een rol speelt. De roosters *1* en *3* hebben een kleine negatieve voorspanning, de schermroosters *2* en *4* tamelijk hooge positieve vóórspanningen, de anode een nog hoogere spanning. Tengevolge van de negatieve span-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

ning van rooster *3* wordt de snelheid van de electronen tusschen rooster *2* en rooster *3* sterk verkleind, zelfs keert een deel van de electronen voor rooster *3* om, om naar rooster *2* te gaan. Hierdoor ontstaat tusschen rooster *2* en *3* een aanzienlijke ruimtelading van electronen.

Onder invloed van de wisselspanning, van generator *G*, op rooster *1* varieert de ruimtelading tusschen rooster *2* en *3* en wel in phase met deze spanning. Deze wisselende ruimtelading influenceert op rooster *3* een wisselende lading, die aanleiding geeft tot een wisselstroom in de keten tusschen rooster *3* en kathode. Bevat deze keten een impedantie, dan ontstaat op rooster *3* dus een wisselspanning met een frequentie gelijk aan die van de generator. Volgt deze wisselspanning van het rooster *3* het influenceerende veld zonder phaseverschuiving, dan heeft zij op het oogenblik, dat de ruimtelading het grootst is, ook de maximale positieve waarde. Ze is dus in phase met de spanning van rooster *1*, versterkt daarom de invloed van de roosterspanning op de anodestroom en vergroot daardoor de steilheid. Is de spanning op rooster *3* echter in tegengestelde phase met de spanning op rooster *1*, dan wordt door het inductie-effect de invloed van de roosterspanning op de anodestroom, dus de steilheid, kleiner. Welk van deze twee gevallen optreedt hangt af van de eigenfrequentie van de *LC*-kring, die tusschen rooster *3* en kathode is verbonden. Heeft deze keten een hoogere eigenfrequentie ν dan de trilling ν_0 van de generator *G*, dan wordt de steilheid vergroot; is daarentegen $\nu < \nu_0$ dan wordt de steilheid verkleind. De invloed van het inductie-effect op de steilheid komt duidelijk uit bij het gebruik van een octode als menglamp in superheterodyne ontvangers.

Een nieuwe versterkingsmethode

Zooals reeds boven werd aangetoond, kunnen de influentiekrachten van de ruimtelading bij een geschikt gekozen schakeling de versterkingsgraad van een lamp grooter maken. Hier zal nu een opstelling worden beschreven, die bij ultra korte golven even goed is als de gebruikelijke versterkingsschakeling, soms zelfs beter en waarbij de versterking uitsluitend op influentie berust. Beschouwen we daartoe de tetrode in *fig. 5*. Het „schermrooster" *2* krijgt een hooge positieve voorspanning, bijv. 100 volt, terwijl het stuurrooster *1* en de anode *A* een kleine negatieve voorspanning krijgen.

Een deel der door de kathode uitgezonden electronen passeert door de mazen van het schermrooster, keert voor de negatieve anode om en komt dan tenslotte toch op het schermrooster terecht. De electronen die zich tusschen schermrooster en anode bevinden influenceeren een positieve lading

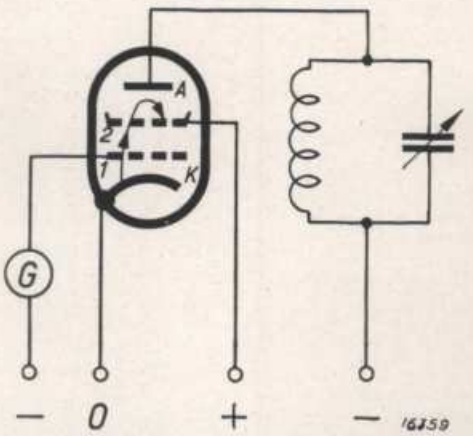

Fig. 5. De anode heeft een geringe negatieve voorspanning, zoodat de electronen, die door rooster *2* passeeren, juist voor de anode naar rooster *2* terugkeeren. De ruimtelading tusschen rooster *2* en anode wisselt in phase met de wisselspanning (geleverd door generator *G*) op het rooster *1*. Deze wisselende ruimtelading influenceert een wisselende lading op de „anode", die weer aanleiding geeft tot een wisselstroom. Deze levert over de anodekring een wisselspanning, die vele malen grooter kan zijn dan de wisselspanning op rooster *1*. Bij korte golf geeft deze schakeling met „negatieve" anode een grootere versterking dan de normale met „positieve" anode.

op de anode. Geeft men het stuurrooster een kleine wisselspanning met de frequentie ω, dan wisselt ook de ruimtelading tusschen schermrooster en anode en daarmee de op de anode geïnfluenceerde lading *Q*. De anodestroom is $i_a = dQ/dt$. Hieruit volgt dat de anodestroom de volgende eigenschappen heeft:

a) zijn frequentie is ω;
b) zijn amplitude is evenredig met ω;
c) hij heeft, wanneer in de anodeketen een Ohmsche weerstand *R* is opgenomen, een phaseverschuiving van 90° t.o.v. de spanning van het stuurrooster.

De verhouding van de spanningsschommelingen aan de weerstand *R* tot de overeenkomstige aan het rooster kan men op de gebruikelijke wijze de versterking noemen. Bij een geschikte keuze van de weerstand *R* kreeg men voor golflengten kleiner dan 20 m op deze wijze een grootere versterking dan bij de gebruikelijke schakeling met hooge positieve anodespanning. De versterking neemt weliswaar in dit golfgebied niet meer toe met toenemende frequentie, maar af, daar tengevolge van de eindige looptijd der electronen dempingsverschijnselen aan de anode optreden, die evenals de ingangsdemping toenemen met het quadraat van de frequentie.

Onderzoekt men het influentieverschijnsel nader, dan vindt men, dat deze nieuwe wijze van versterking pas voordeelig wordt bij frequenties, waarbij

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

de looptijd der electronen reeds een merkbare demping teweegbrengt. De steilheid S van de influentieversterking is:

$$S = \frac{2}{3}\, s\, \omega\, \tau \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Hierin is s de statische steilheid, ω de hoekfrequentie en τ de looptijd der electronen van het schermrooster tot voor de anode en terug. S wordt van dezelfde orde van grootte als de statische steilheid s, als $\omega\,\tau$ de orde van grootte 1 heeft, dus in hetzelfde frequentiegebied, als waarin de demping aanzienlijk wordt.

Om verg. (1) begrijpelijk te maken moeten we bedenken, dat de op de anode geïnfluenceerde lading, wat de grootte-orde betreft, gegeven is door het product van de stroom i_a, die door de mazen van het schermrooster passeert, en de looptijd τ (tot vlak bij de anode en terug naar het schermrooster. Noemen we β een evenredigheidsfactor, dan is dus

$$Q = \beta\, i_a \cdot \tau = \beta \cdot s \cdot e_g \cdot \tau\, \sin\, \omega t$$

Nu is de influentiestroom naar de anode:

$$\frac{dQ}{dt} = \beta\, s \cdot e_g \cdot \omega\, \tau\, \cos\, \omega t = i_{infl}\, \cos\, \omega t$$

en dus de steilheid der inductieversterking:

$$S = \frac{i_{infl}}{e_g} = \beta\, s \cdot \omega\, \tau$$

overeenkomstig verg. (1), wanneer voor β de door nauwkeuriger berekening [2]) gevonden getallenwaarde $^2/_3$ wordt gezet.

Bij proeven met deze nieuwe wijze van versterken werd b.v. voor een golflengte van 50 m een 40-voudige versterking verkregen, voor 5 m een 10-voudige. In de gewone versterkingsschakeling waren de overeenkomstige getallen 75 en 7. Bij 5 m is deze nieuwe methode dus beter.

Tenslotte kunnen we vermelden, dat proefnemingen, om een volledig radio-ontvangtoestel te maken met een hoogfrequent versterking in drie trappen volgens dit nieuwe principe, goede resultaten hebben opgeleverd. Bij de onderlinge verbinding van de afzonderlijke trappen is het nog bijzonder gunstig, dat anode en rooster dezelfde negatieve gelijkspanning hebben. Men kan dus de anode van de ééne lamp direct verbinden met het rooster van de volgende, zonder het in het algemeen noodzakelijke verbindingslid, bestaande uit bijv. condensator en roosterweerstand, te gebruiken.

---

[2]) C. J. Bakker en G. de Vries, Physica 1, 1045, 1934.

Eenige theoretische beschouwingen.

Verstemming. Beschouwen we als het eenvoudigste geval een triode met vlakke electroden (*fig. 6*), waarvan de oppervlakten groot verondersteld worden vergeleken met hun onderlinge

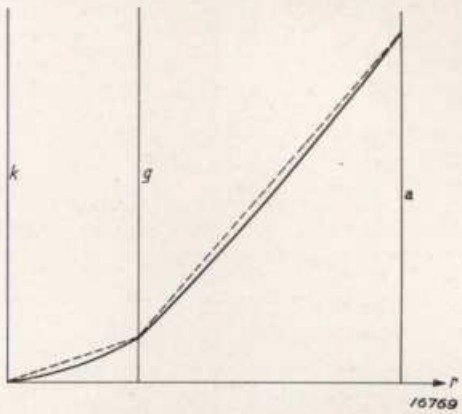

Fig. 6. De gestippelde lijnen geven het potentiaalverloop aan bij afwezigheid van ruimtelading in de lamp (dus bijv. met een koude kathode). De getrokken lijnen toonen het potentiaalverloop bij aanwezigheid van ruimtelading. Bij de kathode is de raaklijn aan de potentiaalkromme nu horizontaal, zoodat aan de kathode de veldsterkte nul is.

afstanden. De gestippelde lijnen geven het verloop van de potentiaal weer, bij afwezigheid van ruimteladingen in de lamp (dus b.v. bij een koude kathode). De ruimtelading heeft hoofdzakelijk invloed tusschen kathode en rooster. Houdt men de spanningen van de electroden constant en maakt men de anodestroom groot door het opvoeren van de gloeistroom, totdat de stroom begrensd wordt door de ruimtelading, dan krijgt men een potentiaalverloop, zooals door de doorgetrokken lijnen wordt voorgesteld. Bij afwezigheid van ruimtelading is de capaciteit van het rooster ten opzichte van de kathode:

$$C_{gk} = \frac{f}{4\,\pi\, a}$$

waarin a de afstand van rooster tot kathode beteekent, en f het oppervlak.

De verandering van de capaciteit door de ruimtelading is gemakkelijk te berekenen, wanneer men de verandering van de veldsterkte op de plaats van het rooster kent. Langmuir heeft voor het potentiaalverloop bij aanwezigheid van ruimtelading de volgende vergelijking opgesteld:

$$V = V_s \left(\frac{x}{a}\right)^{4/3} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Hierin is x de afstand, gerekend vanaf de kathode, V_s is de effectieve potentiaal in het vlak van het rooster, de z.g. stuurspanning. Deze spanning wordt in de eerste plaats bepaald door de potentiaal V_g van de roosterdraden; de anodespanning V_a heeft een aanzienlijk kleinere invloed. Met goede benadering geldt:

$$V_s = V_g + \frac{1}{g}\, V_a$$

waarin $1/g$ een kleine getallenfactor is; g is de z.g. „versterkingsfactor" van de lamp. Indien de anodespanning constant is, zooals in het vervolg zal worden aangenomen, dan is de stuurwisselspanning gelijk aan de wisselspanning op het rooster.

De veldsterkte op het rooster is volgens verg. (2):

$$E = \left(\frac{\partial V}{\partial x}\right)_{x=a} = \left[\frac{4}{3}\,\frac{V_s}{a}\left(\frac{x}{a}\right)^{1/3}\right]_{x=a} = \frac{4}{3}\,\frac{V_s}{a}$$

De lading van het rooster is $Q = (E/4\pi)f$, waarbij f de oppervlakte van het rooster is, en met behulp van de betrekking:

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

lading = capaciteit × spanning ($Q = CV$)

krijgt men de capaciteit:

$$C = \frac{4}{3}\,\frac{f}{4\pi a},$$

terwijl bij afwezigheid van de ruimtelading zou gelden:

$$C_{gk} = \frac{f}{4\pi a}$$

Tengevolge van de ruimtelading neemt dus de rooster-kathode-capaciteit met $^1/_3$ van zijn waarde toe.

Bij een cylindrische vorm van rooster en kathode krijgt men door een analoge berekening de relatieve capaciteitsverandering $\Delta C_{gk}/C_{gk}$, die nu niet constant is, maar afhangt van de verhouding r_g/r_k van de stralen van het rooster en de kathode en in het algemeen grooter is dan in het geval van vlakke electroden. In *fig. 7* is de relatieve toename van de capaciteit als functie van r_g/r_k voorgesteld.

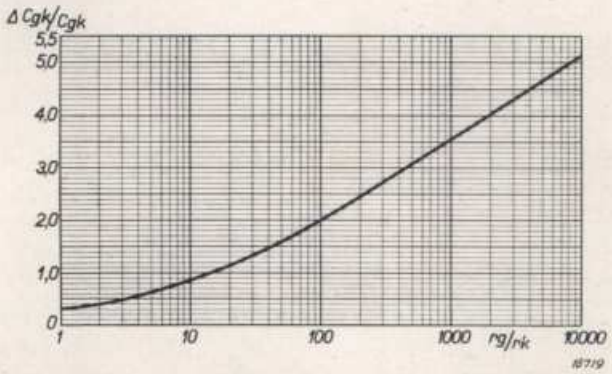

Fig. 7. In een cylindrische lamp is de verandering ΔC_{gk} van de interelectrode capaciteit C_{gk} door de ruimtelading een functie van de verhouding r_g/r_k van de stralen van het rooster en de kathode. De figuur geeft het verloop van deze functie weer.

Ingangsimpedantie. Voor een eenvoudige behandeling van de ingangsdemping gaan we eveneens van het vlakke model uit. De roosterwisselspanning in de schakeling van fig. 1 zij $e_g \sin \omega t$. De capacitieve stroom naar het rooster is bij lage frequenties, waarbij de looptijd kort is vergeleken bij de trillingstijd: I = capaciteit. differentiaal-quotient naar de tijd van de spanning:

$$I = \frac{4}{3} C_{gk} \cdot e_g\, \omega \cos \omega t \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Bij hooge frequenties zal, tengevolge van de eindige looptijd van de electronen, dat deel van de capacitieve stroom, dat op het rooster geïnfluenceerd wordt door de ruimtelading een weinig in phase ten achter zijn bij de in (3) aangegeven waarde; deze phasevertraging is evenredig met de looptijd τ en met de hoekfrequentie ω. Noemen we α een evenredigheidsfactor, dan krijgen we:

$$I = \frac{4}{3}\,\omega\, C_{gk}\, e_g\, [\cos\,(\omega t - \alpha\omega\tau)]$$

of, daar zelfs bij korte golven in het algemeen $\alpha\omega\tau \ll 1$:

$$I = \frac{4}{3}\,\omega\, C_{gk}\, e_g\, [\cos \omega t + \alpha\omega\tau \sin \omega t] \quad . \quad . \quad (4)$$

Een nauwkeurige berekening [3]) levert $\alpha = 0{,}075$. Uit verg. (4) ziet men, dat de stroom een component krijgt, die in phase met de spanning is. Er wordt dus energie verbruikt en dat is de oorzaak van de demping van de aangesloten trillingsketen.

De in verg. (4) gevonden demping komt overeen met een overbrugging van de rooster-kathodecapaciteit door een geleider met het geleidingsvermogen:

$$\frac{1}{R_{gk}} = \frac{4}{3}\,\alpha\, C_{gk}\, \omega^2 \tau$$

[3]) C. J. Bakker en G. de Vries, Physica **2**, 683, 1935.

Voert men in plaats van C_{gk} de veel beter bekende steilheid s van de lamp in, volgens de verg.:

$$C_{gk} = \frac{s \cdot \tau}{2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

dan krijgt men:

$$\frac{1}{R_{gk}} = \frac{2}{3}\,\alpha\, s\, \omega^2\, \tau^2 = \frac{1}{20}\, s\, \omega^2\, \tau^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

Verg. (5) volgt uit de bekende wet van de ruimteladingsstroom:

$$i_a = const.\ V_s^{\,3/2}$$

De steilheid is nl.:

$$s = \frac{d\, i_a}{d\, V_s} = \frac{3}{2}\,\frac{i_a}{V_s} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

De anodestrooom i_s is gelijk aan de ruimtelading Q tusschen kathode en rooster, gedeeld door de looptijd τ ($i_a = Q/\tau$). In het hier aangenomen geval, waarbij de stroom door de ruimtelading wordt begrensd, is de veldsterkte bij de kathode nul [4]). Daarom vindt men op de kathode geen geïnfluenceerde lading. De lading, die op het rooster geïnfluenceerd wordt, is dan gelijk en tegengesteld aan de ruimtelading Q tusschen kathode en rooster. Substitueert men voor Q het product van stuurspanning V_s en de rooster-kathodecapaciteit $4/3\ C_{gk}$, dan krijgt men:

$$i_a = \frac{4}{3}\ C_{gk}\ \frac{V}{\tau}$$

en dus volgens verg. (7):

$$s = \frac{3}{2} \cdot \frac{4}{3}\,\frac{C_{gk}}{\tau}$$

dus

$$C_{gk} = \frac{s \cdot \tau}{2}$$

in overeenstemming met verg. (5).

Uit verg. (4) kunnen we schatten, dat een signaal, dat een kortere trillingstijd heeft dan de looptijd van de electronen, niet meer versterkt kan worden. Dat beteekent, dat het dan niet meer mogelijk is in de anodekring een grootere wisselspanning te bereiken dan de wisselspanning op het rooster e_g. De wisselspanning op de anode e_a is gelijk aan het product van de anodewisselstroom i_a en de weerstand R_a in de anodekring. Deze weerstand is echter begrensd, wanneer de wisselspanning, die er over ontstaat, aan het rooster van een volgende lamp wordt toegevoerd. Want rooster en kathode zijn, zooals reeds werd aangetoond, door een weerstand R_{gk} overbrugd, die kleiner wordt met toenemende frequentie. Nemen we aan, dat deze weerstand de anodeweerstand bepaalt, dan krijgen we:

$$e_a = i_a\ R_{gk} = s\, e_g\, R_{gk}$$

en dus is de met de lamp verkregen versterking:

$$f = \frac{e_a}{e_g} = s\ R_{gk} = \frac{20}{\omega^2 \tau^2}$$

Het laatste deel van verg. (8) is niets anders dan een andere schrijfwijze voor verg. (6).

Voert men de trillingstijd $T = 2\pi/\omega$ in, dan krijgt men:

$$f \sim 0{,}5 \left(\frac{T}{\tau}\right)^2$$

Om versterking ($f > 1$) te krijgen moet de trillingstijd T van de binnenkomende golf grooter zijn dan $1{,}4\,\tau$.

Bij de hoogfrequentpenthode AF 7 is bijv. $\tau = 2.10^{-9}$ sec. Dus is de grens van de versterking $T > 2{,}8.10^{-9}$ sec. overeenkomende met de golflengte $\lambda > 85$ cm.

[4]) Hierbij wordt aangenomen, dat de electronen met de snelheid nul de kathode verlaten.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

STERKSTROOMCONDENSATOREN

Samenvatting. Een kort overzicht wordt gegeven van de redenen, waarom sterkstroomcondensatoren tengenwoordig op uitgebreide schaal worden gebruikt voor het verbeteren van de arbeidsfactor. Verder wordt behandeld: hun inwendige bouw, electrische eigenschappen en beproeving, hun levensduur en tenslotte de uitwendige bouw voor verschillende doeleinden. Verdere toepassingen voor sterkstroomcondensatoren worden aangeduid.

Inleiding

Het omvangrijkste toepassingsgebied voor de sterkstroomcondensator is zijn gebruik als phaseregelaar ter verbetering van de arbeidsfactor. Voor wattlooze vermogens tot 1000 kVA heeft hij op dit gebied het pleit reeds gewonnen. Zelfs voor belangrijk hoogere vermogens verdringt hij in de laatste jaren de draaiende phaseregelaar. De hoofdoorzaken van deze ontwikkelingsgang zijn:

a) het practisch verliesvrij werken van de condensator;

b) de economisch uitvoerbare mogelijkheid om de condensator in kleinere eenheden en over het geheele net te verdeelen. De phaseverschuiving wordt dan voor zoover andere practische overwegingen zulks toelaten gecompenseerd ter plaatse, waar zij ontstaat; de leidingen en transformatoren worden hierdoor ontlast van wattlooze stroomen. Men bereikt daardoor een vermindering van de koperverliezen in leidingen en transformatoren en een betere spanningsregeling, terwijl bij nieuw uit te voeren werken het net ook minder behoeft te kosten;

c) de mogelijkheid om de grootte van een condensatorenbatterij aan het momenteel optredende wattloos vermogen aan te passen, waardoor onnoodige kapitaaluitgaven en electrische verliezen voorkomen worden. Een eventueele vergrooting van de instalatie kan zich dan zonder bezwaar aanpassen bij een oogenblikkelijke behoefte;

d) de gemakkelijke bediening van een dergelijk apparaat zonder bewegende deelen.

Ruim tien jaar geleden ging men tot het gebruik van condensatoren in sterkstroominstallaties slechts schoorvoetend over, aangezien omtrent hun levensduur nog geen voldoende zekerheid bestond, terwijl men ook nog niet voldoende ervaring had betreffende de stroomstooten, die bij het inschakelen van groote batterijen optreden en ten opzichte van eventueele resonantieverschijnselen. Nu deze bezwaren overwonnen zijn, is het thans in het algemeen alleen maar gerechtvaardigd om voor phaseregeling roteerende machines te gebruiken, wanneer zij tevens een andere taak vervullen; bijv. groote synchrone motoren, die tegelijkertijd voor aandrijving van machines en voor phaseregeling zorgdragen.

Inwendige bouw

Sterkstroomcondensatoren worden samengesteld uit elementen, die op wikkelmachines worden vervaardigd uit aluminiumband met meerdere tusschenlagen van dun papier (*fig. 1*). Deze elementen wor-

Fig. 1. Condensatorwikkelarij.

den gemaakt met een capaciteit van 0,5 tot 2,5 μF en voor spanningen van 220 tot 900 V. Bij een frequentie van 50 per/sec is hun wattloos vermogen 30 tot 100 VA. Heeft men een groote capaciteit noodig, dan schakelt men een voldoend aantal van deze elementen parallel; wanneer het om hooge spanningen te doen is, dan worden zij groepsgewijze in serie gezet. Bij laagspanningscondensatoren schakelt men de elementen parallel op de verzamelrails met behulp van zilverdraadjes, die tevens als veiligheid dienst doen. De wikkelelementen worden in een raamwerk bevestigd en dan in de impregneerketel geëvacueerd, met olie geïmpregneerd en daarna in een luchtdicht vat gemonteerd (vgl. fig. 3 en 4).

Door de kwaliteit van het uit geïmpregneerd papier bestaande diëlectricum wordt de economie

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

en de bedrijfszekerheid van de condensator bepaald. Daar de capaciteit van een condensator omgekeerd evenredig is met de dikte van het diëlectricum, zal men ruimte en kosten besparen door het diëlectricum zoo dun mogelijk te houden. Men kan tegenwoordig in 1 dm^3 een wattloos vermogen van 0,5 tot 1 kVA bij 50 per/sec onderbrengen. Hand in hand met het stijgen van de toelaatbare belasting van het diëlectricum is een dalen van de diëlectrische verliezen gegaan. Door deze maatregelen is nu het laatste tiental jaren de groote vooruitgang bij de constructie van condensatoren mogelijk gemaakt. Men kan thans condensatorpapier maken, dat bij een dikte van slechts 7μ voldoende gelijkmatig is en slechts zeer geringe diëlectrische verliezen heeft. Ook bij stijgen van de temperatuur met bedragen, zooals in de condensator optreden, worden deze diëlectrische verliezen niet grooter en zij bereiken een minimum bij een bedrijfstemperatuur van 50 tot 60° C. Het gewoonlijk slechts enkele honderdste mm dikke diëelectricum bouwt men op uit een paar dunne papierlaagjes, waarbij de onvermijdelijke inhomogeniteiten in deze laagjes worden gecompenseerd. Lompenpapier is wegens de mogelijkheid van geringere fabricatiedikte dan cellulosepapier en door zijn kleinere verliezen veelal het best voor dit doel te gebruiken. Voor het impregneeren dienen zeer goed geraffineerde minerale oliën, wier chemische en electrische eigenschappen aan hooge eischen voldoen.

In de fabricage zijn het evacueeren en het impregneeren van het allergrootste belang. Vóór het evacueeren bevat het papier 5 tot 8% vocht en 20 tot 40% van het volume wordt door lucht ingenomen. Het voldoende verwijderen van vocht en lucht uit het papier en uit de olie, de oordeelkundige behandeling van het materiaal gedurende de fabricatie en het in stand houden van deze toestand gedurende het bedrijf bepaalt de grootte der verliezen, de bedrijfszekerheid en de levensduur. De olie wordt van water en lucht bevrijd door haar in de geëvacueerde impregneerketel fijn te verstuiven. Door toepassing van vlakke elementen en door de juiste bepaling van de afmetingen bereikt men, dat de schadelijke mechanische spanningen in de gewikkelde condensatoren worden voorkomen en het diëlectricum samengedrukt kan worden op een nauwkeurig in te stellen waarde, waardoor tevens een zoo gelijkmatig mogelijke impregnatie kan worden verkregen. Men houdt de elementen verder betrekkelijk smal om intensief te kunnen evacueeren teneinde lucht en vocht in voldoende mate te verwijderen. Door deze verdeeling in kleine elementen is de contrôle der condensatoren ook veel eenvoudiger en betrouwbaarder.

Bij een condensator voor 50 kVA is het oppervlak van het diëlectricum reeds ongeveer 1000 m^2. Zoo'n groot oppervlak kan men slechts zonder fouten vervaardigen door de grondstoffen en werkmethoden nauwkeurig te controleeren. Van het papier wordt de trekvastheid, het vouwgetal, het absorptievermogen voor olie en de grootte der diëlectrische verliezen onderzocht vóór de verwerking, terwijl buitendien wordt nagegaan, of het materiaal wel zuurvrij is en geen gaten of geleidende plaatsen bevat. Van de olie wordt steeds de zuurgraad, isolatieweerstand, doorslagspanning en viscositeit gecontroleerd.

Electrische eigenschappen en beproeving

Zonder de bedrijfszekerheid en de levensduur van de condensator in gevaar te brengen kan men tegenwoordig in het diëlectricum een effectieve spanning tot 10 à 20 kV per mm toelaten. Als op de condensator in hoofdzaak slechts gelijkspanning komt te staan, zooals bij spanningsvereffening van gelijkrichters het geval is, kan men zelfs tot 80 kV/mm gaan, afhankelijk van de sterkte van de rimpel der spanning en van de belastingduur. De doorslagspanning, die men bij een beproeving met gelijkspanning bijv. vindt, bereikt een waarde van 240 kV/mm. Voert men de beproeving gedurende 1 min. uit met een wisselspanning van 50 per/sec, dan komt men op een doorslagspanning van ongeveer 120 kV_{eff}/mm. Bij de beproevingen van langeren duur, uitgevoerd met wisselspanning, neemt de doorslagspanning eerst snel af, daarna langzamer en zij bereikt na eenige tijd een ongeveer constante eindwaarde, die in de buurt van 40 kV_{eff}/mm ligt. De beproeving gedurende 1 min. met de 2 tot 3-voudige bedrijfsspanning, zooals de tegenwoordige officieele voorschriften verlangen, geeft dus eigenlijk geen voldoende uitsluitsel omtrent het gedrag van de condensator in continu bedrijf! Door deze beproeving komt men slechts grove fouten op het spoor. Het is echter evenmin aan te raden om de beproevingsspanning te verhoogen, want het zou dan mogelijk zijn, dat de levensduur nadeelig werd beïnvloed door de beproeving. Beter leent zich voor de keuring van een condensator de bepaling van de zg. verlieshoek δ [1]).

In *fig. 2* is het verband aangegeven tusschen tg δ en de spanning per mm. Naast de waarde van tg δ bij het begin der beproeving is vooral ook van

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

belang, hoe zij verloopt met toenemende spanning. Bij het opnemen van deze kromme werd de span-

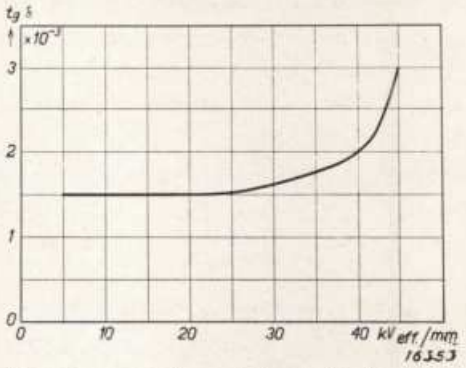

Fig. 2. De tangens van de verlieshoek ($tg\ \delta$) als functie van de spanning per mm bij 50 per/sec.

ning slechts langzaam opgevoerd, nl. 5 kV/mm per uur. Het blijkt, dat tg δ aanvankelijk ongeveer constant blijft tot een bepaalde belasting. Daarna begint tg δ langzaam te stijgen, hetgeen een gevolg is van ionisatie in het diëlectricum. Ten slotte stijgt tg δ zeer snel en kondigt daarmee de spoedig te verwachten doorslag aan. In de normale fabricatie bereikt men tegenwoordig een tg δ = 0,002; d.w.z. de verliezen bedragen slechts $2^0/_{00}$ van het wattloos vermogen van de condensator, terwijl men bij roteerende phaseregelaars met minstens 20 maal zoo groote verliezen in het bedrijf te maken heeft. Voor een economisch bedrijf van de condensatoren zouden de verliezen gerust nog wat grooter mogen zijn, maar kleine verliezen en vooral het constant blijven der verliezen over een groot spanningsgebied beteekent een goede maatstaf voor de betrouwbaarheid van de condensator [2]).

Levensduur

In 1927 werd op internationale congressen voor sterkstroomcondensatoren nog slechts een levensduur van 3 jaar aangegeven; in 1933 daarentegen 30 jaar! Dit eerste getal betrof condensatoren met vaste impregneermiddelen, die men thans niet meer voor sterkstroomdoeleinden gebruikt. Het laatste getal kan nog wel niet door practische ervaring gestaafd worden, aangezien daartoe het bouwen van condensatoren volgens moderner methoden nog maar te kort geschiedt, maar desalniettemin is dit getal toch zeer goed gefundeerd. De laatste beslissende stap bij de vooruitgang in het vervaardigen van condensatoren bestond uit het onderzoeken van zekere chemische veranderingen in de samenstelling der impregneerolie na gedurende langere tijd in bedrijf te zijn geweest en uit de onderzoekingen betreffende het ioniseeren van gassen. Deze werden het eerst waargenomen bij kabels en daarna in vele gevallen ook in de elementen van condensatoren. Het komt hierop neer, dat vermoedelijk als gevolg van de aanwezigheid van een geringe zuurstofrest de olie onder de invloed van sterke electrische wisselvelden omzettingen ondergaat. Onder gasontwikkeling gaat zij over in hooger moleculaire verbindingen, die er wasachtig uitzien. De spanning, waarbij deze omzetting begint, noemt men veelal de „gasspanning". Door o.a. beter te ontgassen en bij de keuze der impregneerolie ook met deze omzettingsmogelijkheden rekening te houden, is men er in geslaagd de gasspanning vèr buiten het gebied van de bedrijfsspanning te houden, waarmee men dus de oorzaken van het achteruitgaan der condensatoren heeft weggenomen. Door bij hoogere spanning proeven betreffende de daardoor versnelde achteruitgang der condensatoren te verrichten, vond men deze inzichten bevestigd.

Uitwendige bouw

Een condensatorbatterij voor groote vermogens kan men, òf in één huis onderbrengen, òf uit eenige kleinere eenheden samenstellen. De tweede methode verhoogt de bedrijfszekerheid en Philips heeft deze in principe gevolgd. Voor grootere vermogens worden condensatoren samengesteld uit afzonderlijke eenheden van ongeveer 10 tot 60 kVA, welke enkelphasig of driephasig uitgevoerd kunnen zijn. Voor draaistroom worden bij hoogspanning steeds enkelphasige eenheden in sterschakeling met elkaar verbonden. Aan de bouwwijze in batterijen zijn verder nog de volgende voordeelen verbonden:

In verhouding tot het volume hebben deze kleinere eenheden een groot oppervlak, zoodat zij meer warmte kunnen afgeven, waardoor hun temperatuur bij het normale bedrijf slechts ongeveer 5° C stijgt. Hierbij is de warmteuitzetting maar klein, zoodat men luchtdicht afgesloten hui-

---

[1]) Als de vectoren van stroom en spanning van de condensatoren precies 90° ten opzichte van elkaar in phase verschoven zijn, dan zou de condensator geheel verliesvrij werken. De diëlectrische verliezen zijn bij een behoorlijke condensator slechts klein ten opzichte van het wattlooze vermogen en de kleine afwijking in de phaseverschuiving tusschen stroom en spanning ten opzichte van 90° wordt derhalve aangegeven door de zg. *verlieshoek* δ. De tangens van deze verlieshoek ($tg\ \delta$) is dus het quotient van de verliezen in de condensator per sec en zijn wattloos vermogen.

[2]) De beoordeeling eener als diëlectricum toegepaste isolatie op grond van de meting der diëlectrische verliezen is voor het eerst door Nederland in 1925 opgenomen in de keuringsvoorschriften voor hoogspanningskabels. Dit geschiedde op grond van de onderzoekingen van C. F. Proos: Eenige beschouwingen omtrent trische verliezen van hoogspanningskabels (v. Kampen, Amsterdam, 1921).
Een overeenkomstig keuringsvoorschrift zou ook voor condensatoren doeltreffend zijn.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

zen kan gebruiken. Opname van vocht of lucht gedurende het bedrijf wordt dus vermeden. Bij een zoo kleine verwarming veranderen de verlieshoek en de doorslagspanning practisch evenmin. De tijd gedurende welke de geimpregneerde elementen vóór het sluiten van het huis van de condensator aan de lucht zijn blootgesteld, wordt bij de bouwwijze in eenheden teruggebracht tot een minimum, dat geen kwaad meer kan doen.

Wat het bedrijf betreft, is er aan het splitsen van de condensatorbatterij in meerdere elementen het voordeel verbonden, dat men de condensator gemakkelijk in meerdere schakelgroepen kan verdeelen en de groepeering bij andere belastingsverhoudingen kan wijzigen. In het geval, dat de netspanning wordt veranderd, kan men door verschillende omschakelmogelijkheden (driehoek-, ster- en serieschakeling) de condensatoren ook weer gebruiken bij de nieuwe netspanning. De montage kan gemakkelijk zonder kraan geschieden ter plaatse, waar de batterij moet worden opgesteld. De wijze van opbouwen kan men meestal zonder bezwaar aanpassen bij de beschikbare plaatsruimte.

In *fig. 3* is een condensatorbatterij voor laagspanning voorgesteld, die uit 6 eenheden van ieder

Fig. 3. Laagspanningsbatterij 60 kVA voor phaseregeling.

10 kVA bestaat en in een eenvoudig ijzeren raamwerk is ondergebracht. Voor iedere eenheid bestaat het condensatorhuis uit gelascht ijzerplaat met daarin geperste versterkingsribben. Bovenop het condensatorhuis zijn twee aansluitklemmen van geperst isolatiemateriaal aangebracht, benevens een aardklem. Binnenin het huis is een ontlaadweerstand aanwezig, die de condensator na het uitschakelen binnen 30 sec. tot op 1/10 van zijn bedrijfsspanning ontlaadt. De eenheden zijn in driehoekschakeling met elkaar verbonden door middel van vertinde koperen strippen. De aardklemmen der eenheden worden vastgeschroefd aan het huis, dat zelf weer geaard wordt.

De hoogspanningscondensatoren voor phaseregeling en voor netspanningen tot 30.000 Volt worden uitgevoerd als cylindervormige eenheden (*fig. 4*).

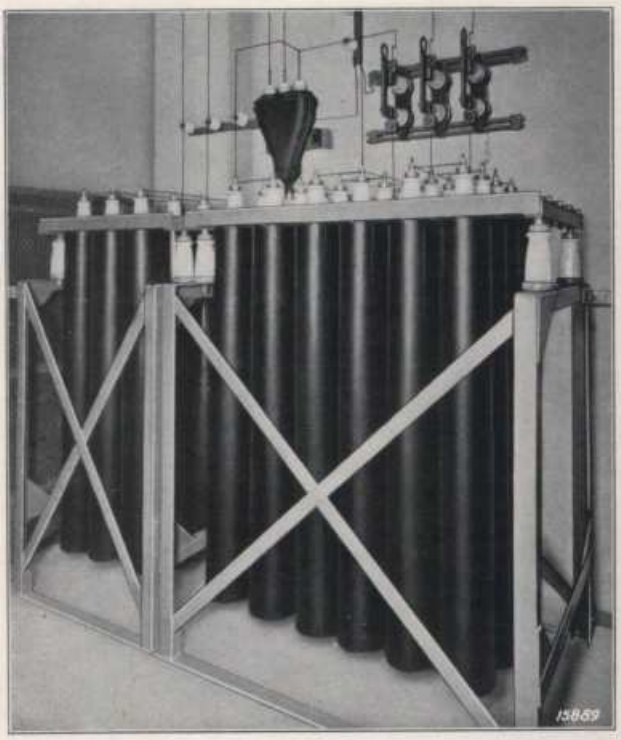

Fig. 4. Hoogspanningsbatterij 360 kVA voor phaseregeling.

De door de isolator gevoerde leiding fungeert als de ééne pool en de ijzeren bus als de andere pool. Het bovenste raam van het ijzeren raamwerk, waaraan de eenheden zijn opgehangen, verbindt de eenheden in sterschakeling en vormt het nulpunt. Bij installaties met geisoleerd nulpunt staat het derhalve op isolatoren. Het levert geen moeilijkheden op condensatoren voor phaseregeling bij netspanningen boven 30.000 volt te bouwen door serieschakeling van meerdere elementen. Aan het einde van dit artikel geven wij enkele voorbeelden van het gebruik van condensatorbatterijen voor hooge spanningen.

Verdere toepassingen

Nu men er in geslaagd is om bedrijfszekere condensatoren voor sterkstroomdoeleinden te vervaardigen, heeft het gebruik van sterkstroomcondensatoren zich snel uitgebreid. Behalve voor verbete-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

ren van de arbeidsfactor in sterkstroomnetten worden zij ook gebruikt voor:

a) het laten aanloopen van éénphasige asynchrone motoren;
b) spanningsvereffening in gelijkrichterinstallaties;
c) beveiliging tegen overspanning (nl. spanningsgolven, die ontstaan door inschakelen, aardsluiting of onweer);
d) de trillingskring van hoogfrequentieovens;
e) het koppelen van hoogspanningsleidingen met hoogfrequentie telefooninstallaties;
f) het verhinderen van storing der radio-ontvangst door toestellen, die op het sterkstroomnet zijn aangesloten.

Wij willen nu nog eenige uitgevoerde vormen van sterkstroomcondensatoren voor deze verschillende doeleinden bespreken.

Voor het koppelen van hoogspanningsleidingen met hoogfrequentie telefooninstallaties en dergelijke bouwt men de condensatoren in porceleinen isolatoren. De isolator, die in *fig. 5* wordt weergegeven, bevat in de uitvoering voor 150 kV een capaciteit van 0,001 μF en kan 7 kVA wattloos vermogen opnemen. Condensatoren voor beveiligingen tegen overspanning worden op dezelfde wijze uitgevoerd.

Fig. 5. Condensator voor koppeling van hoogspanningsleidingen met hoogfrequentie telefonie-installaties.

Voor Röntgen- en stootspanningsinstallaties worden de elementen ondergebracht in ringen van isolatiemateriaal, die ieder bij 50 kV 0,05 μF bevatten. Om willekeurig hooge spanningen te bereiken, monteert men eenvoudig het benoodigde aantal van deze ringen boven elkaar. In *fig. 6* is een Röntgeninstallatie voor 400 kV voorgesteld. De condensatorringen zijn te onderscheiden in de tegen de wand geplaatste zuilen. Uit diezelfde ringen is een stootspanningsinstallatie voor 2 millioen Volt samengesteld, die is verdeeld in twee hooge kolommen, elke met een spanning van 1 millioen Volt tegen aarde, zooals in een der volgende afleveringen van dit tijdschrift zal worden beschreven. Dezelfde soort condensatoren werden gebruikt in de hoogspanningsinstallatie, die werd beschreven in dit tijdschrift I, 6, 1936 (vgl. fig. 3). Over de toepassing van condensatoren in de trillingskring van hoogfrequentie-inductieovens werd reeds gesproken in een vroegere aflevering van dit tijdschrift I, 56, 1936. De beschreven condensatoren batterij heeft een wattloos vermogen van 6000 kVA en is bestand tegen 5000 Volt bij 7000 per/sec. De batterij bestaat uit 72 eenheden van ieder 83 kVA, die voorzien zijn van koelribben met het oog op het afvoeren van de warmte, die ontwikkeld wordt als gevolg van de met de frequentie toenemende verliezen.

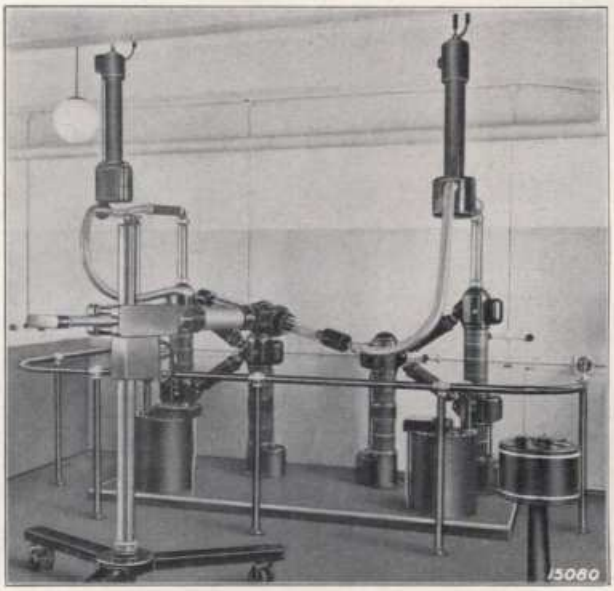

Fig. 6. Röntgeninstallatie voor 400 kV.

Bewerkt door H. EHRNREICH.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

DE SCHIJFPROEF ALS VERKORTE BEWERKBAARHEIDSPROEF BIJ DE BEOORDEELING VAN STAALSOORTEN

Samenvatting. Voor het beoordeelen van de snijprestatie van snelstaalbeitels en van de bewerkbaarheid van staalsoorten komt een snijproef in aanmerking, waarbij de snijsnelheid lineair met de tijd toeneemt (schijfproef). Het blijkt, dat de uitkomsten van snijproeven met constante snijsnelheid (standtijdproeven) uit de resultaten van schijfproeven te berekenen zijn.

Inleiding

De levering van het materiaal noodig voor de producten en de fabricagemiddelen van de N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken geschiedt zooveel mogelijk volgens bepaalde keuringseischen. De contrôle hierop berust bij de afdeeling Materiaalkeuring, die zelf een onderdeel is van de afdeeling Materiaalonderzoek van het Natuurkundig Laboratorium. Deze laatste afdeeling als geheel levert de gegevens voor de keuringseischen en verricht verder onderzoekingen, die bijv. ten doel hebben, materiaalkeuze, uitzoeken van gunstigste materiaalbehandeling en overwinnen van moeilijkheden in de fabricage. Wij stellen ons voor, zoo nu en dan in dit tijdschrift iets mede te deelen over zulke materiaalonderzoekingen en beginnen hiertoe met de beschrijving van een onderzoek, dat zoowel gericht is op de verbetering van bepaalde keuringen als op het uitzoeken van materiaal en van een optimale materiaalbehandeling.

De groote moeilijkheid bij het keuren van metalen ondervindt de verbruiker, zoodra hij zich waarborgen wil verschaffen omtrent de bewerkbaarheid er van. Deze moeilijkheid schuilt voor een groot deel in de vele tijd en de betrekkelijk hooge kosten, die met uitvoerige bewerkbaarheidsproeven gemoeid zijn. Het gevolg hiervan is, dat de verbruikers gaan trachten, zich door het stellen van andere eischen (zooals bijv. de hardheid en de preciese chemische samenstelling) een niet al te slechte bewerkbaarheid te verzekeren. Het is echter al genoegzaam gebleken, dat men op deze wijze toch niet bereikt wat men wil. En het is dan ook zeker één der belangrijkste problemen der metaalindustrie om tot korte bewerkbaarheidsproeven te komen, die een grondslag voor de keuring kunnen vormen.

Bepalen we ons in het volgende tot de bewerkbaarheid van staal, zooals die tot uitdrukking komt bij het afdraaien van ronde staalstaven, dan verkrijgt men een goed beeld door de tijden te meten, die een draalbeitel van nauwkeurig vastgelegde aard bij bepaalde spaanafmetingen voor verschillende snijsnelheden stand houdt tot hij door slijtage en afbrokkeling bezwijkt. Deze zoogenaamde standtijdproeven zullen voor de praktijk de betrouwbaarste resultaten geven, indien de omstandigheden bij de beproeving zoo goed mogelijk met die in de praktijk overeenstemmen. Dit houdt o.a. in, dat men bij voorkeur met standtijden van minstens 30 of 60 minuten zal moeten proefdraaien. De groote strooiing, die in de resultaten van dergelijke proeven nu eenmaal onvermijdelijk is, maakt, dat men iedere proef zeker eenige malen moet uitvoeren om een betrouwbaar gemiddelde te kunnen opstellen.

Deze tijdroovende en materiaal-verspillende methode liet, zooals begrijpelijk is, reeds vroegtijdig de wensch ontstaan, om versnelde bewerkbaarheidsproeven uit te kunnen voeren. Eén der voor dit doel voorgestelde procédés is de methode der toenemende snijsnelheid [1]). Het principe van deze methode is, dat men de snijsnelheid zoo snel met de tijd laat toenemen, dat de beitel ondanks een kleine beginsnelheid reeds na korte tijd bezwijkt (meestal na hoogstens eenige minuten). De proeven volgens dit principe kunnen op twee verschillende manieren genomen worden. In de eerste plaats kan men bij het aan de buitenzijde afdraaien van een as de snelheid van de draaibank regelmatig opvoeren, waarbij de voortbeweging van de beitel langs de as zich automatisch zoo versnelt, dat de spaanafmetingen dezelfde blijven. In de tweede plaats kan men een korte dikke staaf of schijf aan de kopzijde van binnen naar buiten afdraaien bij constant toerental van de draaibank (zie fig. 3): de snijsnelheid neemt dan lineair toe met de afstand van de beitelpunt tot aan de hartlijn van de schijf. Speciaal met deze tweede methode, die in het vervolg met „schijfproef" wordt aangeduid, zullen we ons hier bezighouden [2]).

Waar in het voorgaande sprake was van bewerkbaarheidsproeven, is steeds aangenomen, dat alle proeven worden begonnen met beitels, die, afgezien van de spaanhoek, in alle opzichten aan elkaar gelijk zijn. Alleen veronderstellen wij, dat de te

[1]) Zie Werkstoff-Handbuch Stahl und Eisen, E 41, Düsseldorf 1927.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

snijden staven naar het materiaal gevarieerd waren.

Men kan echter ook omgekeerd de snijeigenschappen van verschillende snelstaalsoorten vergelijken door met beitels van een standaardmodel één bepaalde staalsoort in standtijd- en/of schijfproeven te bewerken. Voorts kan men van eenzelfde soort snelstaal ook beitels onderling vergelijken, die op verschillende wijzen zijn vóórbehandeld. Hierop betrekking hebbende proeven zijn in dit laboratorium genomen door W. F. Brandsma[3]), die zich in de eerste plaats ten doel stelde, de beste methode van harden en ontlaten aan te geven voor de moderne, hooggelegeerde soorten snelstaal. Deze staalsoorten eischen nl. een zeer bijzondere warmtebehandeling om optimale snijeigenschappen te krijgen.

Een andere reeks van proeven heeft gediend om aan te toonen, dat de schijfproef zeer goed bruikbaar is als verkorte standtijdproef bij het bepalen van de gunstigste beitelvorm en bij de beoordeeling van de bewerkbaarheid[4]). Eerst zullen wij het over de methodiek van een en ander hebben.

Methodiek der standtijdproeven

De opstelling bij de standtijdproeven is in *fig. 1* schematisch aangegeven.

Taylor[5]) heeft als eerste de aandacht gevestigd op het eenvoudige verband

$$T = \left(\frac{C}{v}\right)^n , \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

dat met voldoende benadering tusschen de standtijd T en de lineaire snijsnelheid v bestaat, indien in een aantal proeven alle omstandigheden, zooals bijv. bewerkt materiaal, beitelmateriaal, vorm van de beitel, spaandoorsnede, smering, hetzelfde worden gehouden en alleen de snijsnelheid wordt gevarieerd. C en n zijn hierbij constanten, waarin de invloed van alle genoemde omstandigheden belichaamd is. Drukt men de snijsnelheid in meters

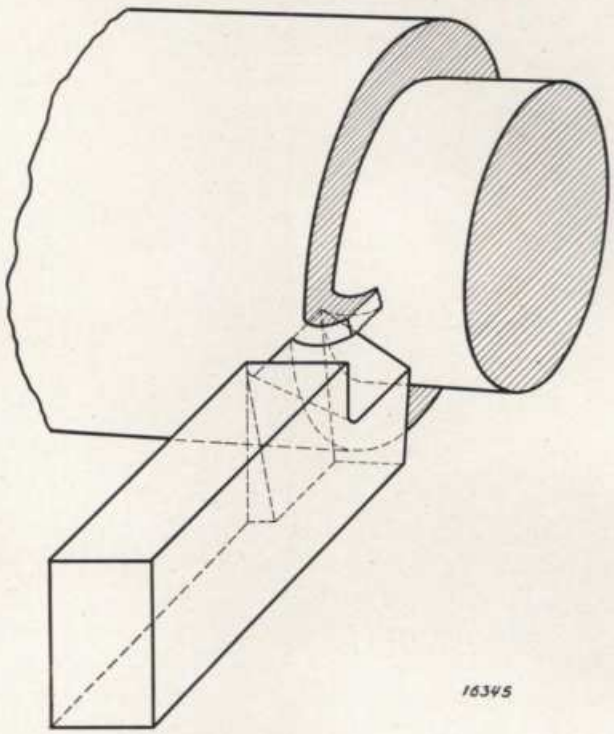

Fig. 1. Normale standtijdproef. De mesbeitel draait aan de buitenzijde een stuk van de as af, die met constant toerental loopt. De snijsnelheid v is dus tijdens de proef constant, en men vindt bij iedere waarde van v een bepaalde standtijd T (tijd tot het bewijken van de beitel).

per minuut en de standtijd in minuten uit, dan verandert C al naar de omstandigheden van ongeveer 10 tot 500 en n van ongeveer 6 tot 20. Het verband (1), dat in een dubbellogarithmisch diagram door een rechte lijn wordt voorgesteld, maakt het op eenvoudige wijze mogelijk, uit een klein aantal proeven met een paar geschikt gekozen snijsnelheden die snelheden v_T (bijv. v_{30} en v_{60} af te leiden, welke met bepaalde standtijden (bijv. $T = 30$ en 60 min.) correspondeeren.

In *fig. 2* is voor een bepaalde hier onderzochte staalsoort een dergelijk dubbellogarithmisch v-T-diagram weergegeven.

In tegenstelling met het bijv. in Duitschland algemeen ingenomen standpunt werd er bij de hier verrichte proeven van uitgegaan, dat de v_{30}, dat is dus de snijsnelheid, waarbij de beitel onder overigens steeds dezelfde omstandigheden 30 minuten stand houdt, voor de praktijk van meer belang is dan de v_{60}. Dit wordt vooral duidelijk, indien men bedenkt, dat de draaibanken in de werkplaatsen geen continu regelbare snijsnelheid toelaten. Men zal dan met die snelheid moeten draaien, die (kleiner dan de v_{30}) de v_{30} zoo goed mogelijk benadert. Denkt men bijv., dat de opeenvolgend instelbare

---

[2]) Boven de eerstgenoemde methode heeft de schijfproef dit voor, dat men haar zonder meer op iedere draaibank kan toepassen zonder eenig speciaal mechanisme (bijv. een regelbare gelijkstroommotor) voor het continu opvoeren van de snelheid van de bank. Als nadeel dient echter aangemerkt te worden, dat de schijfproef in het algemeen materiaal van grootere doorsnede behoeft dan de andere beproevingswijze, hetgeen niet alleen een beperking der methode beteekent, maar tevens een onzekerheid geeft wegens het onvermijdelijke kwaliteitsverschil tusschen dun en dik materiaal en een meer of mindere ongelijkmatigheid van het dikke materiaal over de doorsnede.

[3]) W. F. Brandsma, Metaalbewerking **2**, 541, 1936.

[4]) J. R. J. van Dongen en J. G. C. Stegwee, Metaalbewerking **3**, 1 en 49, 1936.

[5]) Taylor, "On the art of cutting metals" 1907. Duitsche vertaling: Über Dreharbeit und Werkzeugstähle 1917. Voor vele gegevens en een uitgebreid literatuuroverzicht vergelijke men ook: E. Brödner, „Zerspanung und Werkstoff", Berlin, 1934.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

toerentallen van de bank zich ongeveer verhouden als $1 : \sqrt{2}$, dan zal het (bijv. in de onderstelling

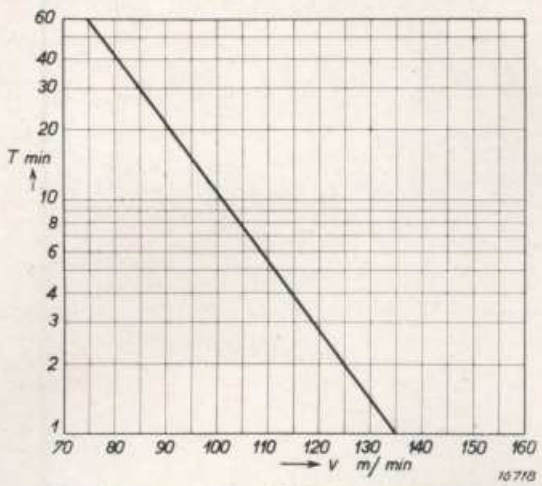

Fig. 2. Resultaat van de standtijdproeven met een bepaalde staalsoort. De standtijden T zijn voor eenige uiteenloopende snijsnelheden v bepaald, en in een dubbellogarithmisch diagram uitgezet. In overeenstemming met de formule (1) van Taylor is het resultaat een rechte lijn, waaruit de constanten C en n voor de betreffende staalsoort afgeleid kunnen worden.

$n = 8$) af en toe noodig zijn zelfs met standtijden van $(\sqrt{2})^8 \times 30$ min $= 8$ uur te werken [6]) om v kleiner dan v_{30} te houden, terwijl de bij de beschikbare banksnelheden het dichtst boven 30 min gelegen standtijd gemiddeld wel ongeveer 2 uur zal zijn.

Bij het bot worden van een beitel slijt de beitel vooral door de afloopende spaan geleidelijk weg. Het effect van een en ander op het krachtverbruik van de bank en op de hoedanigheid van het bewerkte oppervlak is voorloopig zeer gering. In de laatste phase van het bot worden, die zich op het bewerkte oppervlak duidelijk afteekent door een meer of minder breede glimmende zône, neemt de temperatuur en hiermee het slijten van de beitelpunt en ook het krachtverbruik steeds sneller toe en wel tot de beitel bij het gloeiend worden van de punt bezwijkt. De glimmende zône wordt veroorzaakt, doordat de afstompende beitel hoe langer hoe meer tegen het oppervlak gaat wrijven en het staal in het oppervlak als het ware gaat uitsmeren. De laatste phase, waarin de beitel al niet meer normaal snijdt, duurt altijd zoo kort, dat men hem bij het bepalen van de standtijd gevoeglijk kan verwaarloozen.

[6]) Uit (1) volgt immers $T_1/T_2 = (v_2/v_1)^n$. Dus een verhouding $v_1/v_2 = 1/\sqrt{2}$ van twee snijsnelheden heeft een verhouding $T_1/T_2 = (\sqrt{2})^n$, bij $n = 8$ dus $T_1/T_2 = 16$, van de bijbehorende standtijden tengevolge.

Methodiek der schijfproeven

Bij een schijfproef wordt een schijf van het te snijden metaal in de klauwplaat van de draaibank

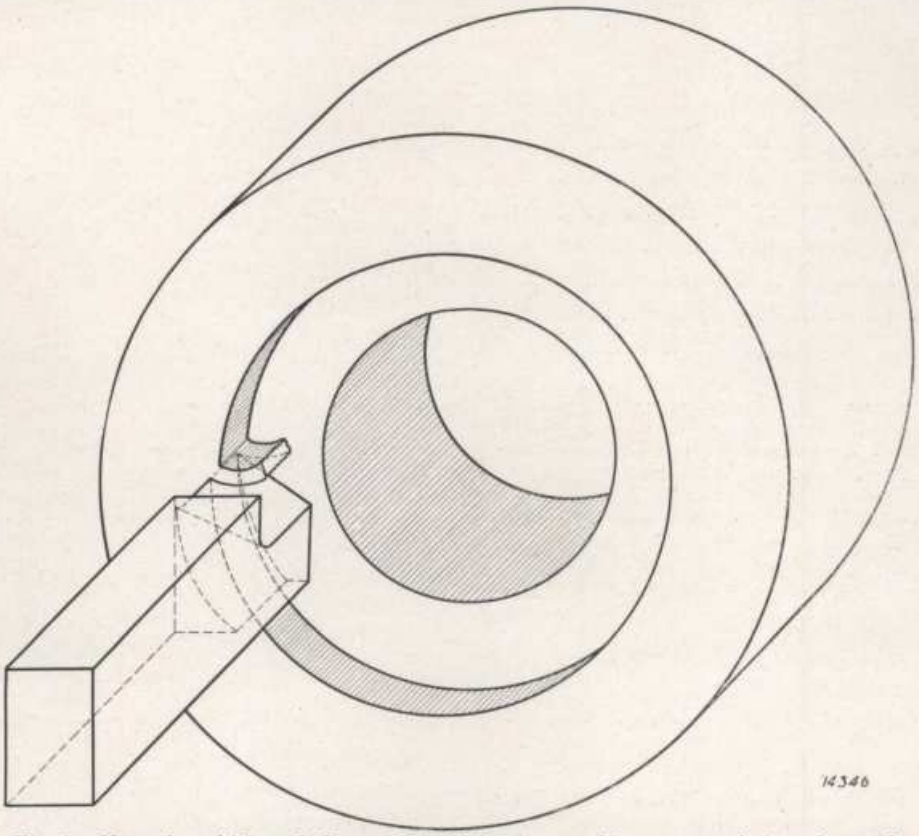

Fig. 3. Normale schijfproef. De mesbeitel draait, van binnen naar buiten loopend, een vlakke laag aan de kopzijde van een schijf af, die met constant toerental rond-draait. De snijsnelheid v neemt hier tijdens de proef toe; bij een bepaalde v bezwijkt de beitel.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

vastgeklemd en van een centraal gat voorzien. De voor de eigenlijke proef bestemde beitel wordt nu met zijn punt in het gat op centerhoogte ingesteld, zoodat hij bij radiale aanzet van binnen naar buiten een vlakke laag staal ter dikte van de diepte der snede gaat afdraaien. *Fig. 3* toont de opstelling schematisch.

In principe ondergaat de beitel bij de schijfproeven tijdens het snijden soortgelijke veranderingen als bij de standtijdproeven. Alleen voltrekt zich een en ander nu in een steeds sneller tempo wegens het voortdurend toenemen van de lineaire snijsnelheid. Het gevolg hiervan is, dat de nu tot een relatief veel kortere tijdsduur beperkte laatste phase van bot worden zich hoogstens als een smal glimmend randje aan de omtrek van het afgedraaide gedeelte afteekent. De beitelpunt wordt weer gloeiend en bezwijkt.

De bank, die gedurende de proef met het constante toerental van N omwentelingen per minuut draait, wordt stop gezet, zoodra de beitelpunt bezwijkt. De diameter D_m van het afgedraaide gedeelte (zoo mogelijk gerekend tot aan het glimmende randje) wordt in mm opgemeten. De maximaal bereikte snijsnelheid v_m, uitgedrukt in m/min, volgt dan uit

$$v_m = \frac{\pi N D_m}{1000} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Het is gemakkelijk in te zien, dat de waarde van v_m af zal hangen van het gekozen toerental N. Is N nl. kleiner, dan zal de beitel bij de eerst gevonden D_m nog niet bezwijken: hij heeft immers, bij even lange snijweg, alleen met kleinere snijsnelheden gewerkt, die, zooals reeds uit (1) volgt, veel minder slijtage met zich meebrengen. Bij kleinere N wordt dus tot het bezwijken een grootere D_m bereikt. Aan de andere kant zal de beitel bij kleinere N niet dezelfde v_m kunnen bereiken als eerst: hiervoor zou hij immers, terwijl hij dezelfde marge van snijsnelheden als eerst doorloopt, nu een grootere snijweg af moeten leggen. Bij kleinere N treedt dus het bezwijken reeds bij een kleinere v_m op. *Fig. 4* toont, voor dezelfde staalsoort als in fig. 2, het experimenteel gevonden verband tusschen v_m en N.

Het eenvoudigste zou nu zijn, dat men N bij alle proeven steeds hetzelfde zou nemen; de waarden van v_m zouden dan zonder meer vergelijkbaar zijn. Strekt men zijn onderzoekingen echter over sterk uiteenloopende staalsoorten uit, dan blijkt dit niet mogelijk zonder in zeer groote schijfdiameters voor de gemakkelijk bewerkbare staalsoorten te vervallen. Van Dongen en Stegwee[4]) zijn aan dit bezwaar tegemoet gekomen door voor ieder van deze uiteenloopende staalsoorten de v_m

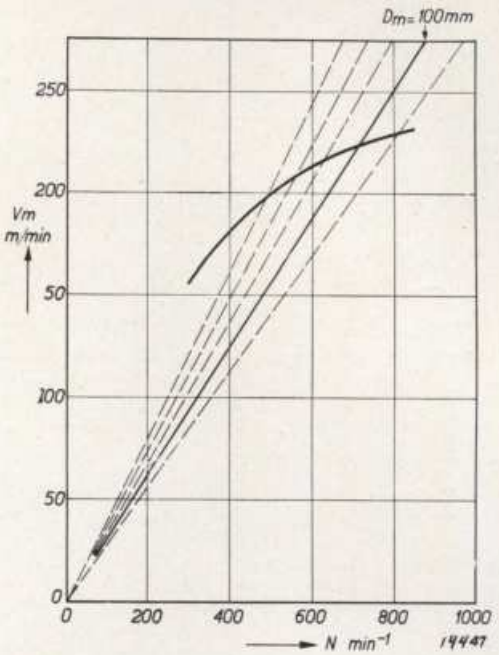

Fig. 4. Herhaalt men een schijfproef met een kleiner gekozen toerental N, dan vindt men steeds een kleinere maximale snijsnelheid v_m, die dan echter aan een grootere snijweg (D_m) beantwoordt. De kromme geeft het experimenteel gevonden verband tusschen N en v_m voor dezelfde staalsoort als in fig. 2. Bij contant aan genomen D_m wordt de relatie (2) tusschen N en v_m door een rechte lijn voorgesteld. Deze rechte lijnen voor verschillende waarden van D_m zijn hier mede geteekend; zij veroorloven de aflezing van die v_m-waarde, die met een bepaalde D_m correspondeert, bijv. met $D_m = 100$ mm.

als functie van N te meten en door interpolatie voor iedere staalsoort die waarde van v_m te bepalen, waarvoor de D_m een zeer bepaalde waarde heeft. A priori valt er evenveel te zeggen voor een dergelijke vergelijking bij gelijke D_m als voor een vergelijking bij gelijk toerental, terwijl gelijke D_m het gebruik van eenzelfde schijfgrootte beteekent, hetgeen voor de praktijk gemakkelijk is.

De bedoelde interpolatie wordt uitgevoerd door in het N-v_m-diagram, zie fig. 4, voor een bepaald aangenomen D_m de met (2) correspondeerende lijn te trekken. De snijpunten van deze lijn met de aan de schijfproeven beantwoordende N-v_m-krommen geven vergelijkbare waarden van v_m voor de constante diameter D_m. In fig. 4 is deze interpolatie voor een vijftal waarden van D_m uitgevoerd en om een overigens willekeurige keus te doen, is bij die figuur speciaal de aandacht gevestigd op de waarde $v_m^{(100)}$, die v_m voor $D_m = 100$ mm aanneemt.

Verband tusschen standtijd- en schijfproeven

Wij hebben ons in het bovenstaande op het standpunt geplaatst, dat de slijtage van een beitel onder

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

overigens gelijke omstandigheden bij een schijfproef op soortgelijke wijze verloopt als bij een standtijdproef. In alle opzichten is dit zeker niet juist. Zoo zal bij vergelijken van de afgestompte beitels direct opvallen, dat de bovenvlakken van de punten bij de langer durende standtijdproeven door de afloopende spanen zijn uitgekolkt, terwijl hiertoe bij de schijfproeven (evenals bij zeer korte standtijdproeven) de tijd veel te kort is geweest. Aan de uitkolking beantwoordt een andere wrijvingsenergie en vervormingsenergie van de afloopende spaan en dus een andere opwarming van de beitelpunt. Men mag echter wel aannemen, dat het verschil in deze wrijvings- en vervormingsenergie bij de twee beproevingswijzen gering is ten opzichte van de totale energie, die aan de beitel wordt afgegeven. Hoewel ook in andere opzichten een nauwkeurige analyse van de beitelslijtage wel verschilpunten aan het licht zal brengen, kan men zich afvragen, of de resultaten van de beide beproevingswijzen niet uit elkaar zijn af te leiden. Dit is inderdaad mogelijk.

De reeds genoemde formule van Taylor voor standtijdproeven

$$T = \left(\frac{C}{v}\right)^n \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

geeft het verband tusschen de tijdens de proef constante snijsnelheid v en de tijd T, na welke de beitel bezwijkt. We kunnen (1) ook in de vorm schrijven

$$T \cdot v^n = C^n \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1a)$$

Nemen wij nu aan, dat het verlies in snijvermogen van de beitel voor ieder oogenblik bepaald is door een quantitatieve grootheid, die voor alle standtijdproeven eenzelfde functie is van uitsluitend de verloopen snijtijd (uitgedrukt in de standtijd als tijdseenheid), dan kan men aantoonen, dat voor proeven met variabele snijsnelheid de algemeenere formule

$$\int_0^{T_m} [v(t)]^n \, dt = C^n \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

geldt.

Hierin is de snelheid $v(t)$ een willekeurige functie van de tijd, en T_m het tijdstip van het bezwijken van de beitel. Deze formule, die voor v = constant weer in de Taylor-formule (1) overgaat, zegt, dat er voor iedere snijproef, hoe dan ook genomen, een verband bestaat tusschen de gegeneraliseerde „standtijd" T_m en de constanten C en n van de normale standtijdproeven.

De aard van dit verband zal dan natuurlijk nog afhangen van de aard van de proef, d.w.z. van de wijze, waarop de snijsnelheid v met de tijd gevarieerd wordt. Om (3) te kunnen toepassen moeten we deze functie $v(t)$ kennen. Voor de schijfproef is de vorm van deze functie gemakkelijk af te leiden. Noemen we het (constante) toerental N, de radiale aanzet a en de diameter van het in de schijf geboorde gat D_0 (de snelheid aan het begin van de proef is dus $v_0 = \pi N D_0$), dan is de snijsnelheid v ten tijde t

$$v(t) = \pi N(D_0 + Nt \cdot 2a) = V_0 + 2\pi N^2 a t \,,$$

indien men bedenkt, dat de diameter van de snijbaan per omwenteling met $2a$ toeneemt. Invulling in vergelijking (3) levert

$$C^n = \int_0^{T_m} (v_0 + 2\pi N^2 a t)^n dt = \frac{1}{2\pi(n+1)N^2 a}\left(v_{T_m}^{n+1} - v_0^{n+1}\right)$$

Aangezien v_{T_m} hier de bij de schijfproef gevonden maximale snelheid v_m is, vindt men dus voor het gevraagde verband tusschen standtijd- en schijfproef de betrekking

$$v_m^{n+1} - v_0^{n+1} = 2\pi(n+1) N^2 a C^n \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Door substitutie van de resultaten v_{m1} en v_{m2} van twee met verschillende toerentallen N_1 en N_2 genomen schijfproeven krijgen we twee vergelijkingen, die de vorm van (4) hebben, waaruit de C en de n berekend kunnen worden. Uit de formule (1), opgeschreven bijv. voor $T = 30$, is dan onmiddellijk de v_{30} te vinden.

Ingeval men n reeds kent, kan men de normale snijsnelheid v_T, die bij de standtijd T behoort, uit één enkele schijfproef afleiden. Door elimineeren van C uit (4) en (1) volgt immers direct, wanneer wij v_0^{n+1} ten opzichte van v_m^{n+1} verwaarloozen [7]).

$$v_T = v_m \sqrt[n]{\frac{v_m}{2\pi(n+1)N^2 a T}}$$

Substitueert men om de formule zoo eenvoudig mogelijk te schrijven onder het wortelteeken $v_m = \pi N D_m$ (verg. (2)) en drukt men de snijsnelheden in m/min, de aanzet a in mm/omwenteling, de D_m in mm, de N in omw./min en de T in min uit, dan krijgt men tenslotte

$$v_{30} = v_m \sqrt[n]{\frac{D_m}{60(n+1)N^2 a}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

[7]) Bij de kleinste practisch voorkomende waarden van n is de hiermee gemaakte fout nog $< 1\%$, wanneer de gat diameter D_0 van de schijf $< D/2$ genomen wordt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

waarmee dus de normale snijsnelheid v_{30} voor een standtijd van 30 minuten uit het resultaat v_m en D van één enkele schijfproef berekend kan worden.

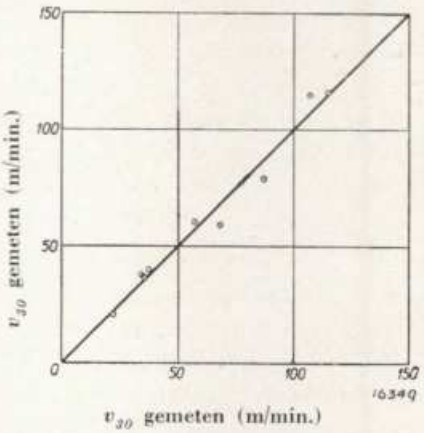

Fig. 5. Verband tusschen gemeten en berekende v_{30}. Ieder aangegeven punt stelt een staalsoort voor. De gemeten v_{30} is uit een v-T-diagram als fig. 2 afgeleid, is dus het resultaat van een reeks standtijdproeven; de berekende v_{30} is met behulp van formule (5) uit de uitkomst v_m en D_m van een schijfproef afgeleid. De figuur toont, dat de overeenstemming zeer bevredigend is.

De verg. (5) is door de proeven zeer goed bevestigd. Bij een aantal staalsoorten, waarmede standtijd- en schijfproeven zijn uitgevoerd, werd v_{30} zoowel door interpolatie in het v-T-diagram der standtijdproeven bepaald alsook uit de uitkomsten v_m van de schijfproeven volgens formule (5) berekend. Deze beide stellen waarden van v_{30} zijn in *fig. 5* tegen elkaar uitgezet. Ieder aangegeven punt stelt een staalsoort voor. Alle punten zouden bij een strenge geldigheid der gemaakte onderstellingen op de geteekende 45°-lijn moeten liggen.

De gevonden afwijkingen zijn klein, indien men let op de de geringe reproduceerbaarheid, die aan dergelijke verspaningsproeven nu eenmaal eigen is. De strooiing van de punten om de 45°-lijn is bovendien zoo, dat men aan toevallige afwijkingen moet denken, zoodat men als geheel de resultaten zeer bevredigend moet noemen.

Bewerkt door P. CLAUSING.

(Wordt vervolgd)

PRACTISCHE TOEPASSINGEN VAN RÖNTGENOGRAFISCH MATERIAALONDERZOEK

V.

door W. G. BURGERS.

Zooals in het vorige artikel van deze reeks werd medegedeeld, geeft de mogelijkheid, langs röntgenografische weg in een mengsel of een chemisch reactieproduct de aanwezigheid van bepaalde chemische verbindingen vast te stellen, in vele gevallen aanleiding tot toepassing van het röntgenografisch structuuronderzoek.

Ook in deze aflevering zullen wij enkele voorbeelden hiervan bespreken.

9. Metaalafscheiding bij de vorming van metaalcarbiden [1]).

De koolstofverbindingen (carbiden) van metalen als *titaan*, *zirkoon*, *tantaal* e.d. onderscheiden zich door hun hoog smeltpunt, hetwelk in bepaalde gevallen (tantaalcarbide) dat van wolfraam nog overtreft. Vandaar dat de vorming en de eigenschappen dezer verbindingen uitvoerig bestudeerd zijn, met het oog op een eventueele bruikbaarheid als gloeilichaam.

Een der wijzen om dergelijke carbiden te maken bestaat daarin, dat een kooldraad gegloeid wordt in de damp van een vluchtige verbinding van het betreffende metaal (in het algemeen een halogeenverbinding), al of niet bij aanwezigheid van waterstof. De koolstofverbinding kan zich dan vormen volgens een vergelijking van het type

$$M X_n + C \rightarrow MC + nX$$

(M = metaal, X = halogeen), waarbij het vrijkomende halogeen door wegpompen verwijderd of door de waterstof gebonden wordt.

De verkregen carbide-draden, welke een metallisch uiterlijk hebben, zijn chemisch moeilijk te analyseeren, aangezien zij zeer bestendig zijn tegen reagentia. Aangezien hun kristalstructuur echter eenvoudig is, kunnen zij gemakkelijk röntgenografisch geïdentificeerd worden. *Fig. 1a* vertoont bijv. een röntgenopname van zirkooncarbide, ZrC. Het discontinue karakter der lijnen wijst er op, dat de draad uit betrekkelijk groote kristallieten ($> 10\,\mu$) bestaat (vgl. het begin van het tweede artikel dezer serie; Philips techn. T. **1**, 60, 1936).

[1]) W. G. Burgers en J. C. M. Basart, Z. anorg. allg. Chem. **216**, 209, 1934.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

In bepaalde gevallen (afhankelijk van de temperatuur, waarbij de bovengenoemde reactie zich

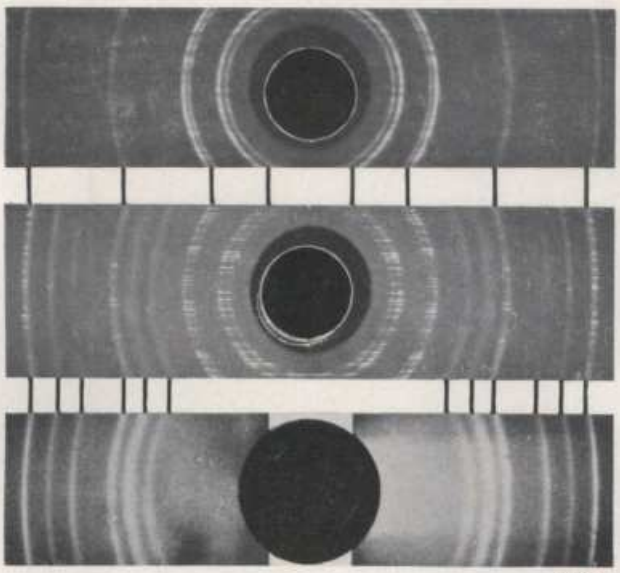

Fig. 1. Metaalafscheiding bij de vorming van metaalcarbiden.
a) Zirconcarbide.
b) Door gloeien van een kooldraad in een atmosfeer van zircoon-halogeen verkregen zirconcarbide-draad.
c) Zirconmetaal.

afspeelde) ontstonden draden met een kleur, die eenigszins van de normale afweek. Een röntgenopname van een dergelijke draad is in *fig. 1b* weergegeven: deze vertoont naast de ZrC-lijnen van foto 1a ook andere lijnen, welke met die van *fig. 1c* overeenkomen. Deze laatste foto is afkomstig van een draad van zirkoon-m e t a a l, en leert dus, dat naast de vorming van het carbide ook metaalafscheiding opgetreden is. Een analoge ondervinding werd bij de vorming van tantaalcarbide opgedaan. Hier bleek op deze wijze bovendien, dat twee verschillende carbiden gevormd kunnen worden, nl. TaC en Ta_2C, die verschillende kristalstructuren bezitten.

10. Aantoonen van thoriumoxyde en thoriummetaal in wolfraamdraad [2]).

Verschillende eigenschappen van getrokken wolfraamdraad, zooals kristalgroei, rekristallisatievermogen, electronenemissie e.a. zijn afhankelijk van de aanwezigheid van bepaalde bijmengselen. Een van de meest voorkomende is thorium: om thorium-bevattende wolfraam te verkrijgen, wordt aan het te reduceeren wolfraamoxyde thoriumnitraat of thoriumhydroxyde toegevoegd. Het is nu een met het oog op de electronenemissie belangrijke vraag, in welke vorm, als metaal (Th) of oxyde (ThO_2), het thorium in het gereduceerde en tot draad verwerkte wolfraam aanwezig is. Algemeen neemt men aan, dat bovengenoemde thoriumverbindingen (nitraat en hydroxyde) bij het reductieproces van het wolfraamoxyde n i e t gereduceerd worden, maar in oxyde worden omgezet, hetgeen dus als zoodanig in de niet of slechts laaggegloeide draad aanwezig zou zijn. Gedeeltelijke reductie van het thoriumoxyde tot thoriummetaal zou eerst optreden bij gloeien der draden op hooge temperatuur ($\sim$ 3000°); het daarbij gevormde thoriummetaal kan dan volgens L a n g m u i r tot verhoogde electronenemissie aanleiding geven.

Het is moeilijk, langs chemische weg ondubbelzinnig uit te maken, in hoeverre deze conclusies gerechtvaardigd zijn. Wel kan door speciale oplosmiddelen, welke zoowel thoriummetaal als thoriumoxyde niet aantasten, (mengsel van geconcentreerd fluoorwaterstof en salpeterzuur [3])) het wolfraammetaal opgelost worden, waarbij van een ongegloeide draad een wit en van een hooggegloeide draad een grauw residu achterblijft. De hoeveelheid van dit laatste is in het algemeen te gering (in normale gevallen is in totaal ongeveer ¾% thoriumoxyde in wolfraamdraad aanwezig) om hiervan een nauwkeurige kwantitatieve chemische analyse uit te voeren. Voor een röntgenopname zijn deze hoeveelheden echter ruim voldoende.

Het blijkt nu, dat een opname van het witte residu identiek is met een ThO_2-opname, terwijl een opname van het grauwe residu naast de ThO_2-lijnen ook de lijnen vertoont, welke aan thoriummetaal beantwoorden. Een vergelijking der in *fig. 2, a, b, c* gereproduceerde foto's laat zien, hoe dit ondubbelzinnig vastgesteld kan worden. Hiermede is wel met zekerheid aangetoond, dat eenerzijds in de ongegloeide wolfraamdraad het toevoegde thorium als oxyde aanwezig is, en anderzijds in een hooggegloeide draad thoriummetaal voorkomt.

Ook zonder eenige chemische behandeling kan röntgenografisch in ongegloeide wolfraamdraad onmiddellijk de aanwezigheid van thoriumoxyde vastgesteld worden, indien uitgegaan wordt van wolfraam, waaraan extra veel thorium-verbinding is toegevoegd, zoodat bijv. het te verwachten ThO_2-gehalte 3% bedraagt. *Fig. 3b* vertoont een opname van een dergelijke draad, tezamen met een vergelijkingsopname van zuiver wolfraam (*a*) en van thoriumoxyde (*c*): vergelijking der opnamen toont, dat de draad naast de zeer intensieve (sterk overbelichte!) lijnen van het wolfraam zelve (verg.

[2]) W. G. B u r g e r s en J. A. M. v a n L i e m p t, Z. anorg. allg. Chem. **193**, 144, 1930.

[3]) J. A. M. v a n L i e m p t, Rec. Trav. chim. Pays-Bas **45**, 512, 1926.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

met *a*), ook zwak eenige lijnen laat zien, welke met de ThO_2-lijnen van *c* samenvallen.

de temperatuur van de gesmolten massa beneden 700° C gehouden wordt, naast het normale α-wolf-

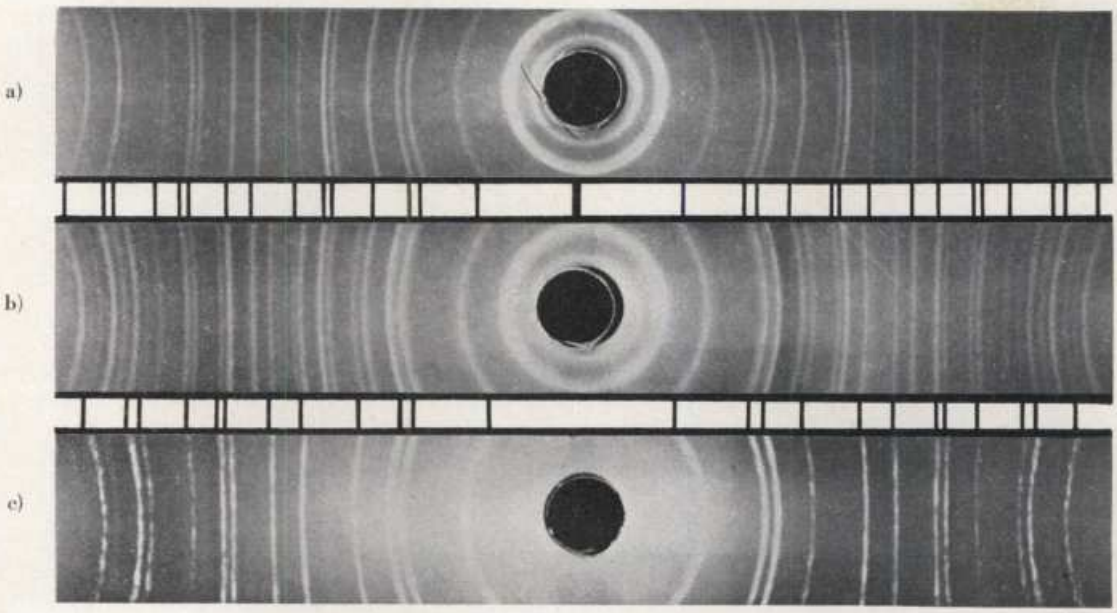

Fig. 2. Thoriumoxyde en thoriummetaal in wolfraamdraad.
a) Thoriumoxyde (ThO_2).
b) Mengsel van thoriumoxyde en thoriummetaal.
c) Thoriummetaal.

II. Electrolytische afscheiding van β- naast α-wolfraam [4]).

Wolfraammetaal kan electrolytisch afgescheiden worden uit gesmolten alkali-wolframaten [5]). Röntgenografisch kan worden aangetoond, dat, indien

raam een andere modificatie, β-wolfraam, afgescheiden wordt. Volgens de ontdekkers [6]) van dit laatste verschijnsel is dit echter alleen het geval, indien van wolfraamzure p h o s p h a a t-verbindingen wordt uitgegaan.

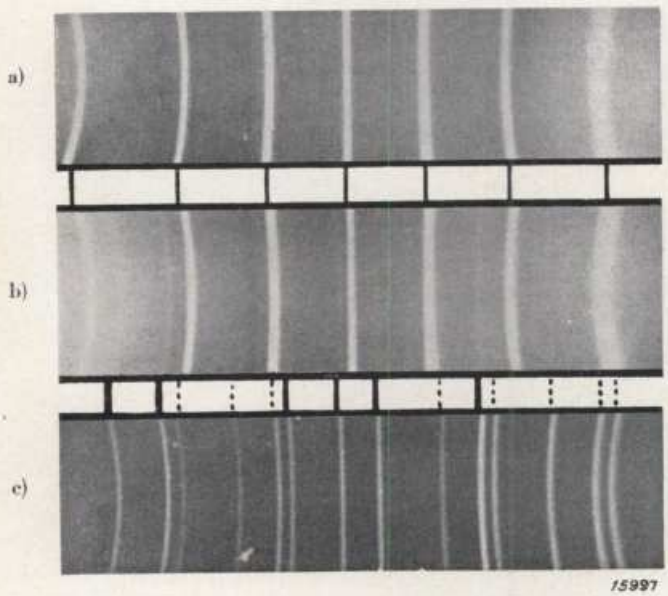

Fig. 3. Thoriumoxyde in ongegloeide wolfraamdraad.
a) Zuiver wolfraam (getrokken draad).
b) Wolfraam + 3% thoriumoxyde (getrokken draad).
c) Thoriumoxyde (= linker gedeelte van fig. 2a).

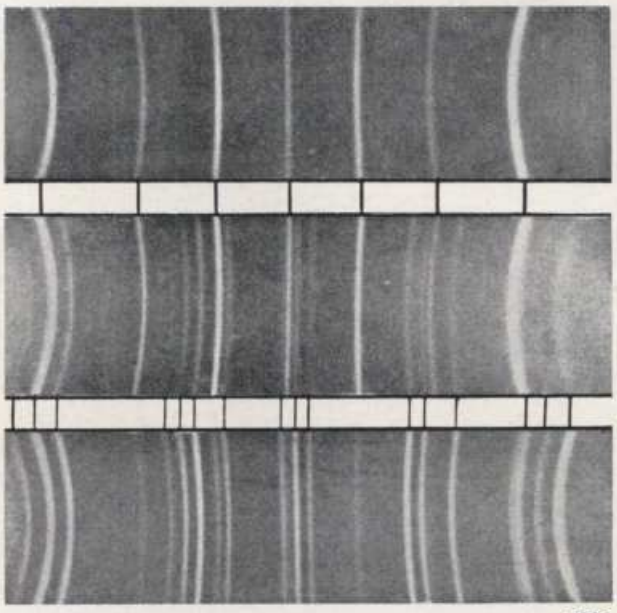

Fig. 4. Electrolytische afscheiding van β- naast α-wolfraam.
a) α-wolfraam (= fig. 3a).
b) Electrolyse-product uit een ternair mengsel van wolframaten.
c) Uit phosphaatverbinding verkregen β-wolfraam.

4) W. G. B u r g e r s en J. A. M. v a n L i e m p t, Rec. Trav. chim. Pays-Bas **50**, 1050, 1931.

5) J. A. M. v a n L i e m p t, Z. Elektrochem. **31**, 249, 1925. 1925.

6) H. H a r t m a n n, F. E b e r t en O. B r e i t s c h n e i d e r, Z. anorg allg. Chem. **198**, 116, 1931.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

Digitized by www.freeservicemanuals.info

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Het was van belang aan te toonen, dat ook bij afwezigheid van phosphorzuur β-wolfraam gevormd wordt, indien slechts de temperatuur van de gesmolten massa beneden de genoemde temperatuur gehouden wordt.

Dit blijkt röntgenografisch uit de in *fig. 4* gereproduceerde opnamen. Fig. *4b* heeft daarbij betrekking op een electrolyse-product, dat bij 500° C uit een ternair mengsel van kalium-, natrium- en lithiumwolframaat afgescheiden werd; *a* is een opname van zuiver α-wolfraam en *c* een opname [7]) van (uit phosphaat-houdende verbindingen verkregen) β-wolfraam. Vergelijking van *b* met *a* en *c* toont, dat het uit de phosphorzuur-vrije massa verkregen metaal beide modificaties bevat (een beschouwing van *c* leert, dat omgekeerd ook het uit phosphaat verkregen β-wolfraam nog een zekere hoeveelheid α-wolfraam bevat).

[7]) Deze opname is afkomstig van Dr. H. Hartmann.

Rectificatie

In de vorige aflevering moeten op p. 159 de figuren 2 en 5 worden verwisseld, zooals de aandachtige lezer wellicht reeds heeft bemerkt.

OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLICATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN *)

No. 1064: J. H. de Boer und J. D. Fast: Die Diffusion von Wasserdampf durch Kupfer (Rec. Trav. chim. Pays-Bas **54**, 970-974, Dec. 1935).

Bij temperaturen van ongeveer 800° C diffundeert waterdamp vrij gemakkelijk door koper, terwijl waterstof er dan nog veel beter doorheen gaat, stikstof er daarentegen practisch niet door kan diffundeeren. Ten opzichte van chroomijzer gedragen stikstof en waterdamp zich echter juist andersom; waterdamp kan hier niet doorheen diffundeeren, terwijl stikstof er vrij gemakkelijk doorheen komt.

No. 1064a: J. H. de Boer: Verandering van de ionisatie-energie van een alkaliatoom door binding (Ned. T. Natuurk. **2**, 273-288, Dec. 1935).

Op eenvoudige wijze wordt aangegeven, hoe de binding van een electron aan een ion onder invloed van een uitwendig electrisch veld vermindert. Dit beeld wordt dan uitgewerkt ter beschrijving van de verlaging der ionisatie-energie van een alkali-atoom, dat aan een oppervlak wordt geadsorbeerd. Potentiaalkrommen worden gegeven voor de adsorptieve binding van caesium in verschillende toestanden aan een zoutoppervlak. Verschillende verschijnselen worden besproken in hun afhankelijkheid van de adsorptie.

No. 1065: G. Heller: Dynamical similarity laws of the mercury high pressure discharge (Physics **6**, 389-394, Dec. 1935).

Het gedrag van electrische ontladingen in kwikdamp onder hooge druk wordt volgens Elenbaas bepaald door de hoeveelheid kwikdamp (m) en het energieverbruik (L) per cm buislengte. Nagegaan wordt, hoe men m en L tegelijkertijd moet veranderen om overeenkomstige toestanden te verkrijgen. In deze beschouwingen werd temperatuurevenwicht verondersteld, terwijl zelfabsorptie en de invloed van verschillen in de wandtemperatuur zijn verwaarloosd. Proeven toonden aan, dat de afgeleide wetten inderdaad toe te passen zijn.

No. 1066: M. Ziegler: Shot effect of secondary emission. I (Physica **3**, 1-11, Jan. 1936).

De schrijver veronderstelt, dat het botsen van een primair electron op een metaalplaat en de emissie van de n secundaire electronen, die dit primaire vrijmaakt, practisch tegelijkertijd plaats vinden, zoodat het primaire en de n secundaire electronen samen één stroomstoot leveren. Daar niet alle primaire electronen evenveel secundaire vrijmaken, bestaat de secundaire electronenstroom niet uit gelijke impulsen. Men kan hem echter opgebouwd denken uit een aantal fracties, die wel uit gelijke impulsen bestaan. Daar de primaire stooten alle van elkaar onafhankelijk zijn, is het dan met behulp van de theorie van het hageleffect mogelijk om de quadratische fluctuaties van secundaire electronenstroomen te berekenen. De schrijver heeft dit uitgevoerd voor een triode, waar-

*) Van deze publicaties verstrekt de Administratie van het Natuurk. Laboratorium, Kastanjelaan, Eindhoven, op aanvrage gaarne overdrukken.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

in rooster en plaat beide positief zijn en secundaire electronen emitteeren kunnen. Hierbij vindt men, dat er een bepaald verband moet bestaan tusschen de quadratische fluctuaties van de plaatstroom en van de roosterstroom. Dit verband werd bevestigd gevonden door nauwkeurige metingen, hetgeen een aanwijzing is voor de juistheid der veronderstelling, waarvan werd uitgegaan.

No. 1067: W. Elenbaas: Dynamische karakteristiken des Quecksilberbogens (Physica **3**, 12-30, Jan. 1936).

Een wisselstroom met een frequentie tusschen 50 en 14000 per/sec werd gesuperponeerd op de gelijkstroom door een ontladingsbuis met kwikdamp onder een druk van 1/6 tot 100 atm. Het phaseverschil tusschen spanning en stroom liep van 150° terug tot 25° bij het opvoeren van de frequentie vanaf 60 tot 14000 per/sec. Het quotient van wisselstroom- en gelijkstroomgeleidingsvermogen nam eerst toe en daarna weer af. Voor zeer groote frequenties streeft het waarschijnlijk naar 1. Bij een frequentie van 50 perioden werd de kromme van de uitgezonden lichtintensiteit gemeten door een oscillogram van de versterkte stroom van een kalium-photocel op te nemen; de modulatie van de lichtsterkte is bij deze frequentie grooter dan die van de stroom of de verbruikte energie. Onder de veronderstelling van temperatuurevenwicht en Bolzmann verdeeling is met behulp van de Saha formule de lichtkromme berekend uit de stroom- en spanningskrommen. De berekende modulatie is dan ongeveer tweemaal zoo groot als de gemeten, hetgeen waarschijnlijk kan worden toegeschreven aan het verwaarloozen der absorptie, die grooter is bij maximale lichtsterkte dan bij minimale. Door gebruik te maken van de energiebalans van de zuil gecombineerd met de ionisatietheorie van Saha kan men de karakteristieken van de ontlading afleiden als slechts de vorm van de stroomkromme gegeven is. De op deze wijze berekende temperatuur als functie van de phase komt zeer goed overeen met de op de eerstgenoemde wijze berekende, terwijl de berekende spanningskromme ook behoorlijk klopt met de gemeten kromme.

No. 1068: J. A. M. van Liempt: Die Verdampfungsgeschwindigkeit der Metalle in einer Gasatmosphäre (Rec. Trav. chim. Pays-Bas **55**, 1-6, Jan. 1936).

Als voortzetting van no. 1051 waarin de verdamping van een metaaloppervlak in vacuum werd beschouwd, wordt in deze publicatie nog nagegaan, welke invloed gasmoleculen in de omgeving op de verdampingsverschijnselen van de metaaldraad hebben. Het aantal atomen, dat bij een bepaalde temperatuur een gloeiend draadoppervlak verlaat, is onafhankelijk van de omringende gasatmospheer. Tengevolge van botsingen met gasatomen kan echter een gedeelte van de metaalatomen weer terugkomen op het draadoppervlak, waardoor de verdampingssnelheid in een gasatmospheer in een bepaalde verhouding wordt verminderd ten opzichte van die in een vacuum. De schrijver vindt voor deze verhouding een formule, die voor het grensgeval $p=0$ in 1 overgaat. Aan deze grensvoorwaarde wordt niet voldaan door de formule van Sophus Weber volgens welke deze verhouding omgekeerd evenredig zou zijn met de wortel uit de gasdruk. Voor niet te kleine drukken komen de beide formules vrij goed met elkaar en met de experimenteele resultaten overeen. Voor hoogere drukken treden er afwijkingen op, die waarschijnlijk zijn toe te schrijven aan het feit, dat de vrije weglengte der atomen dan van dezelfde orde van grootte wordt als de onregelmatigheden van het draadoppervlak.

No. 1069: M. J. Druyvestein: Calculation of Townsend's α for Ne (Physica **3**, 65-74, Febr. 1936).

Voor electronen, die onder invloed van een homogeen electrisch veld diffundeeren door een edelgas wordt de stationnaire snelheidsverdeeling berekend voor het geval, dat wij te maken hebben met elastische, zoowel als met ioniseerende botsingen, dan wel met aanslag der atomen door de electronen. Er is hierbij verondersteld, dat de waarschijnlijkheden voor aanslag en ionisatie lineair afhangen van de energie van het electron. Uit de snelheidsverdeeling kunnen dan meerdere physische eigenschappen berekend worden.

Voor waarden van de verhouding van de electrische veldsterkte tot de druk, gelegen tusschen 5 en 30 Volt per cm en per mm gasdruk, werd de ionisatiecoëfficiënt α van Townsend berekend en deze bleek goed overeen te stemmen met de experimenteel gevonden waarden. Wij mogen in dit geval het energieverlies tengevolge van elastische botsingen gerust verwaarloozen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!